

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-339636

(P2000-339636A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000.12.8)

(51) Int.Cl.

G11B 5/39

識別記号

F I

G11B 5/39

ナマコト(参考)

5 D 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号

特願平11-152822

(22) 出願日

平成11年5月31日 (1999.5.31)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 吉川 将 寿

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

(73) 発明者 異 田 博 明

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

(74) 代理人 100064285

弁護士 佐藤 一雄 (外3名)

最狭義に就く

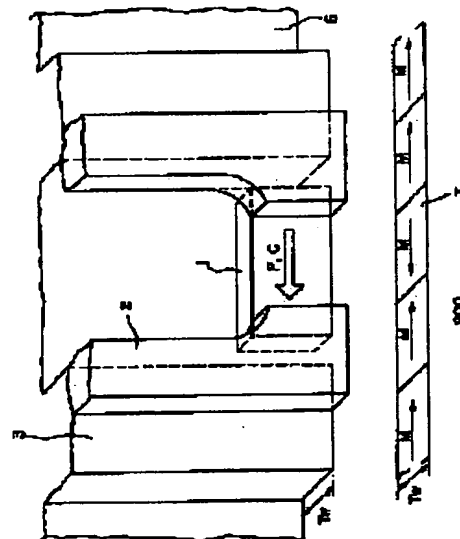
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果型ヘッド及び磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 バiasポイントの設計が容易で、バルクハウゼンノイズが低く、高感度、高出力化が可能な磁気抵抗効果型ヘッド及び磁気記録装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 磁気ヨークと、それと磁気的に結合され、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた

非磁性中間層とを有するスピナバルブ素子と、その両端に接続されたセンス電流を供給する一対の電極とを有する磁気抵抗効果型ヘッドで、スピナバルブ型磁気抵抗効果層の磁化固定層の磁化固定方向がセンス電流の通電方向と略平行であり、磁化固定層の磁化 ( $M_s p$ ) とその膜厚 ( $t_p$ ) との積 ( $M_s p \cdot t_p$ ) と磁化自由層の  $M_s f / t_f$  との関係が  $M_s p \cdot t_p \geq M_s f \cdot t_f$  とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気ヨークと、

前記磁気ヨークと磁気的に結合され、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナルバルブ素子と、

前記スピナルバルブ素子の両端に接続されたセンス電流を供給する一対の電極と、

を備え、

前記スピナルバルブ素子の前記磁化固定層は、反強磁性体膜により磁化が固定され、

前記磁気ヨークは、反強磁性体膜と強磁性体膜とを積層してなり、

前記磁化固定層の所定温度での交換結合磁界が、前記磁気ヨークの前記所定温度での交換結合磁界より大きいことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 2】 磁気ヨークと、

前記磁気ヨークと磁気的に結合され、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナルバルブ素子と、

前記スピナルバルブ素子の両端に接続されセンス電流を供給する一対の電極と、

を備え、

前記磁化固定層の磁化固定方向は、前記センス電流の通電方向と略平行であり、

前記磁化固定層の磁化 ( $M_{sp}$ ) と膜厚 ( $t_p$ ) との積 ( $M_{sp} \cdot t_p$ ) と、前記磁化自由層の磁化 ( $M_{sf}$ ) と膜厚 ( $t_f$ ) との積 ( $M_{sf} \cdot t_f$ ) とが、

$$(M_{sp} \cdot t_p) \geq (M_{sf} \cdot t_f)$$

なる関係を満足することを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 3】 磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナルバルブ素子と、

前記スピナルバルブ素子の両端に接続されセンス電流を供給する一対の電極と、

を備え、

前記磁化固定層の磁化固定方向は、磁気記録媒体と対向する媒体対向面に対して略平行であり、

前記スピナルバルブ素子における前記センス電流の通電方向は、前記媒体対向面に対して略平行であり、

前記磁化固定層の前記磁化固定方向が、前記磁気記録媒体の記録トラックの長手方向に対して平行でも直角でもないものとして構成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッドを備え、磁気記録媒体に対して情報を記録または再生する磁気記録再生装置。

【請求項 5】 磁気抵抗効果型ヘッドと、

磁気記録媒体と前記磁気抵抗効果型ヘッドとを前記磁気記録媒体の記録トラックに沿って相対的に移動可能とする動作機構と、

を備え、前記磁気記録媒体に格納された情報を再生可能とした磁気記録再生装置であって、

前記磁気抵抗効果型ヘッドは、

磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナルバルブ素子と、

前記スピナルバルブ素子の両端に接続された一対の電極と、

を有し、

前記磁化固定層の磁化固定方向が、磁気記録媒体と対向する媒体対向面に対して略平行であり、

前記スピナルバルブ素子におけるセンス電流の通電方向が前記媒体対向面に対して略平行であり、

前記磁化固定層の前記磁化固定方向が、前記磁気記録媒体の前記記録トラックの長手方向に対して平行でも直角でもないことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気抵抗効果型ヘッド及び磁気記録装置に関し、より詳細には、バイアスポイントの設計が容易で、バルクハウゼンノイズが低く、高感度、高出力化が可能な磁気抵抗効果型ヘッド及び磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、磁気記録の高記録密度化が進み、HDD (hard disc drive) では  $1 \text{ Gb/inch}$  (ギガビット毎インチ) を超える高記録密度のシステムが実用化され、さらなる高記録密度化が要求されている。このような高記録密度システムでは、ある種の磁性体膜の電気抵抗が外部磁界により変化する磁気抵抗効果を利用した、磁気抵抗効果ヘッド (MRヘッド) が注目されている。その中でも、特に大きな磁気抵抗効果を示すものとして、スピナルバルブ型磁気抵抗効果ヘッド (SV型MRヘッド) が提案されている。

【0003】 スピナルバルブ型磁気抵抗効果膜 (SV膜) は、少なくとも 1 層以上の磁化固定された磁化固定層 (ピン層) と、磁化が自由に变化しうる磁化自由層 (フリー層) と、それらに挟まれた中間層 (スペーサ層) とからなる。

【0004】 高記録密度化が進展するに従い、媒体に書き込まれる記録ビットの大きさが小さくなるために、記録ビットからの信号磁界すなわち磁気ヘッド側からいうと媒体検出磁界が非常に小さくなる。この問題に対処するために、SV型MRヘッドにおいては、磁化自由層の膜厚を薄くして感度を向上させている。また、出力を上げるために中間層の膜厚を薄くすることが検討されている。

【0005】 一方、スピナルバルブ磁気抵抗効果素子においては、中間層の膜厚が薄くなると、ピン層と磁化自由層との間の強磁気的な層間相互作用 (Hint) が大きくなる。さらに、磁化自由層の膜厚が薄くなると Hint

rの磁化自由層に対する効果が相対的に大きくなる傾向がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のような状況のもとで、従来提案されている磁気ヘッドは、感度の改善とバイアスポイントの最適化とを両立することが困難であるという問題を有していた。以下、この問題について、具体例を挙げつつ説明する。

【0007】図34は、従来のシールド型スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの構造を概念的に表す斜視図である。同図において、ヘッド100Aは、巨大磁気抵抗効果素子（giant-magnetoresistance element：GMR素子）102と、その両端に設けられた一対の電極103、103と、磁気シールド105、105とからなる。記録媒体200は、図示したようにヘッドの下方に配置され、ヘッドとの間で相対的に移動可能とされる。

【0008】図34に表したヘッドにおいて、センス電流は、矢印Cで表したように一対の電極103、103の間を流れる。つまり、センス電流は、記録媒体200の面に対して平行な方向に流れる。そして、GMR素子102は、図示しないピン層、中間層、磁化自由層により構成され、これらの各層はセンス電流Cに対して平行になるように積層されている。これに対して、GMR素子102を構成するピン層の磁化固着の方向は、同図において矢印Pで表したように記録媒体200の面に対して垂直な方向である。

【0009】このような構成においては、センス電流の磁界（H<sub>current</sub>）とH<sub>inter</sub>（ピン層と磁化自由層との間の強磁気的な層間相互作用）と層間静磁結合による磁界（H<sub>static</sub>）がすべて平行あるいは反平行な方向に生ずることになる。よって、ヘッドのバイアスポイントは、主としてH<sub>inter</sub>、H<sub>current</sub>、H<sub>static</sub>の3つの磁界の大きさのバランスによって決定される。この場合、最も自由度が大きいのはH<sub>current</sub>であるから、センス電流量によってバイアスポイントが変動する。したがって、センス電流量が自ずと制限され、SV型MRヘッドの高出力化が困難となるという問題を有する。さらに、スピバルブ素子の構造を変更したとしても、その他の膜特性の確保と高出力化とバイアスポイントの制御性とをすべて満たすことは困難であるという問題もある。

【0010】一方、センス電流磁界の影響が小さいものとしては、いわゆる縦型スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドがある。

【0011】図35は、縦型スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの構造を概念的に表す斜視図である。同図に表したように、縦型ヘッド100BもGMR素子102と、その両端に設けられた一対の電極103a、103bと、磁気シールド105、105とからなる。記録媒体200は、図示したようにヘッドの下方に配置され、ヘッドとの間で相対的に移動可能とされる。

【0012】図35に表したヘッドにおいても、センス電流は、矢印Cで表したように一対の電極103a、103bの間を流れる。つまり、センス電流は、記録媒体200の面に対して垂直な方向に流れる。そして、GMR素子102は、図示しないピン層、中間層、磁化自由層により構成され、これらの各層は、センス電流に対して平行になるように積層されている。そして、GMR素子102を構成するピン層の磁化固着の方向は、同図において矢印Pで表したように記録媒体200の面に対して垂直な方向である。

【0013】このような構成においては、センス電流による電流磁界がH<sub>inter</sub>及びH<sub>static</sub>と直交するためにバイアスポイントには影響を与えない。つまり、バイアスポイントを変動させることなく、大きなセンス電流を投入できるという利点がある。

【0014】しかし、記録媒体200の対向面と、磁束を感じるGMR素子102の磁化自由層との間に電極103bが介在して不感部分を構成するため、ヘッドの感度が著しく低下するという問題がある。

【0015】感度を上げるための施策として、「侵入磁束長」を長くすることも考えられる。しかし、「侵入磁束長」は磁化自由層の透磁率の関数として与えられ、これを長くするためには磁化自由層の透磁率を現状よりも上げることが必須となる。これは、材料的な観点から限界があり、実現は困難である。

【0016】また近年、記録密度の向上のため、すなわち、媒体磁束を磁気抵抗効果型ヘッドに浸入させやすくするために磁気ヘッドスライダの浮上量が低下している。これにより、磁気記録媒体と磁気抵抗効果型ヘッドとの接触が生じている。この時の発熱によりヘッド出力が変動する現象（サーマルアスぺリティ）が発生する。このような媒体と磁気ヘッドとの接触によるサーマルアスぺリティを回避するために、磁気抵抗効果素子部に磁気ヨークを用いて記録媒体磁束を誘導するヨーク型磁気抵抗効果型ヘッドが考案されている。これらは、ABS面に磁気抵抗効果素子部がでないために、サーマルアスぺリティを回避できる。しかしながら、磁気ヨーク部分でバルクハウゼンノイズが発生してしまう。これは、磁気抵抗効果型ヘッドの出力にも影響を及ぼす。

【0017】以上説明したように、従来のスピバルブ型磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗効果ヘッドでは、高感度で、高出力化が可能であり、且つバイアスポイントがずれないということを同時に満足することが困難であるという問題を有していた。

【0018】本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたものである。すなわち、その目的は、高感度で、高出力化が可能で、且つバイアスポイント制御が容易であり、しかもバルクハウゼンノイズが生じない磁気抵抗効果型ヘッド及びそれを用いた磁気記録再生装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドは、磁気ヨークと、前記磁気ヨークと磁気的に結合され、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナバルブ素子と、前記スピナバルブ素子の両端に接続されたセンス電流を供給する一対の電極と、を備え、前記スピナバルブ素子の前記磁化固定層は、反強磁性体膜により磁化が固定され、前記磁気ヨークは、反強磁性体膜と強磁性体膜とを積層してなり、前記磁化固定層の所定温度での交換結合磁界が、前記磁気ヨークの前記所定温度での交換結合磁界より大きいことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【0020】または、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドは、磁気ヨークと、前記磁気ヨークと磁気的に結合され、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナバルブ素子と、前記スピナバルブ素子の両端に接続されセンス電流を供給する一対の電極と、を備え、前記磁化固定層の磁化固定方向は、前記センス電流の通電方向と略平行であり、前記磁化固定層の磁化 ( $M_{sp}$ ) と膜厚 ( $t_p$ ) との積 ( $M_{sp} \cdot t_p$ ) と、前記磁化自由層の磁化 ( $M_{sf}$ ) と膜厚 ( $t_f$ ) との積 ( $M_{sf} \cdot t_f$ ) とが、 $(M_{sp} \cdot t_p) \cong (M_{sf} \cdot t_f)$  なる関係を満足することを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【0021】前記磁化固定層の磁化 ( $M_{sp}$ ) と膜厚 ( $t_p$ ) との積 ( $M_{sp} \cdot t_p$ ) と、前記磁化自由層の磁化 ( $M_{sf}$ ) と膜厚 ( $t_f$ ) との積 ( $M_{sf} \cdot t_f$ ) とが、 $(M_{sp} \cdot t_p) \cong (M_{sf} \cdot t_f)$  なる関係を満足することを特徴とする。

【0022】または、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドは、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナバルブ素子と、前記スピナバルブ素子の両端に接続されセンス電流を供給する一対の電極と、を備え、前記磁化固定層の磁化固定方向は、磁気記録媒体と対向する媒体対向面に対して略平行であり、前記スピナバルブ素子における前記センス電流の通電方向は、前記媒体対向面に対して略平行であり、前記磁化固定層の前記磁化固定方向が、前記磁気記録媒体の記録トラックの長手方向に対して平行でも直角でもないものとして構成されていることを特徴とする。

【0023】ここで、本発明の望ましい実施形態としては、前記磁化固定層の交換結合磁界の消失温度（フロッピング温度）は、前記磁気ヨークのフロッピング温度より高いことを特徴としている。

【0024】ここで、本発明の望ましい実施の形態として、前記磁化固定層の磁化固定する反強磁性体膜の膜厚が、前記磁気ヨークに用いられている反強磁性体膜の膜厚よりも厚いことを特徴としている。

【0025】また、前記磁気ヨークは、磁気ギャップを

介して配置され、同一平面を形成する一対の磁気ヨークであり、前記スピナバルブ素子の前記磁化固定層の磁化固定方向が、磁気記録媒体と対向する媒体対向面に対して略平行であることが望ましい。さらに、前記センス電流の通電方向が前記媒体対向面に対して略平行であることが望ましい。

【0026】また、前記磁気ヨークの膜厚により、トラック幅を規定することがさらに望ましい。

【0027】また、本磁気抵抗効果型ヘッドにおいては、スピナバルブ素子に通電されるセンス電流の通電方向は、スピナバルブ素子のバルクハウゼンノイズ低減を目的としてその両側にあるいは片側に設置される磁化自由層の磁区制御膜の磁化方向と磁化自由層にかかるセンス電流磁界が略同方向であることが望ましい。

【0028】また、前記スピナバルブ素子の前記磁化固定層の比抵抗が、前記磁化自由層の比抵抗以下であることを特徴としている。

【0029】また、磁化固定層の膜厚 ( $t_p$ ) と前記磁化自由層の膜厚 ( $t_f$ ) との関係が  $t_p \cong t_f$  であることを特徴としている。

【0030】図35に例示したような従来の磁気抵抗効果型ヘッドにおいては、前述したように主として  $H_{inter}$  と  $H_{static}$  と  $H_{current}$  が平行方向に作用するために、それらを平衡状態を調整することによってバイアス点を制御することで、磁気抵抗効果型ヘッドの読み込み信号の対称性を得ている。これに対して、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドでは、図31に示すように電流通電方向が磁化固定方向と平行であるために、センス電流磁界がバイアス点制御に作用しない。

【0031】また、図32に示すように、 $H_{inter}$  および  $H_{static}$  は、それぞれバイアス点を正負反対方向にずらす効果がある。また、異方性磁気抵抗効果もスピナバルブ素子のバイアス点を多少ではあるが、ずらす効果がある。しかしながら、この効果は小さいので、殆ど無視できる。従って、バイアス点はこれらの  $H_{inter}$  と  $H_{static}$  で平衡をとり制御することになる。すなわち、 $H_{inter} \sim H_{static}$  となるようにバイアス点設計をする必要がある。さらに、上述したように本発明のスピナバルブ型磁気抵抗効果素子は  $M_{sf} \cdot t_f$  が  $M_{sp} \cdot t_p$  以下とすることが望ましい。これは、上記のようにバイアス点制御のために、 $H_{static}$  の効果を増大させるためと、センス電流磁界により磁化自由層の磁区を制御すること、高出力・高感度を維持することの3つの効果を同時に出すためである。

【0032】特に、 $H_{static}$  は、スピナバルブ素子の形状および中間層の膜厚等とも密接に関連している。また、磁化自由層の比抵抗も磁化固定層の比抵抗より小さいほうが良い。さらに、磁化固定層の膜厚を磁化自由層の膜厚以下に設定することにより、上記の  $M_{sp} \cdot t_p$  を  $M_{sf} \cdot t_f$  以上にできるとともに、磁化固定層の比抵抗

を磁化自由層の比抵抗以上に設定できる。MR変化率との関係により、ピン層の膜厚は、7nm以下であることが好ましく、さらに5nm以下であることが好ましい。

【0033】また、比抵抗の調整は、たとえば、ピン層にCoFe合金などを用いる場合には、磁化自由層にCoFeB合金などの添加物を加えたものを使うことが好ましい。こうすることにより、同じ膜厚であってもピン層の $M_s \cdot t_p$ を大きくできる。

【0034】また、結晶粒徑を変えること、すなわち、結晶性を変えることや成膜条件を変えることなどで比抵抗の調整および $M_s \cdot t$ の調整は可能である。

【0035】一方、本発明の磁気記録再生装置は、上記したいずれかの磁気抵抗効果型ヘッドを備え、磁気記録媒体に対して情報を記録または再生することと特徴とする。

【0036】または、本発明の磁気記録再生装置は、磁気抵抗効果型ヘッドと、磁気記録媒体と前記磁気抵抗効果型ヘッドとを前記磁気記録媒体の記録トラックに沿って相対的に移動可能とする動作機構と、を備え、前記磁気記録媒体に格納された情報を再生可能とした磁気記録再生装置であって、前記磁気抵抗効果型ヘッドは、磁化固定層と磁化自由層とこれらの間に設けられた非磁性層とを有するスピナバルブ素子と、前記スピナバルブ素子の両端に接続された一対の電極と、を有し、前記磁化固定層の磁化固定方向が、磁気記録媒体と対向する媒体対向面に対して略平行であり、前記スピナバルブ素子におけるセンス電流の通電方向が前記媒体対向面に対して略平行であり、前記磁化固定層の前記磁化固定方向が、前記磁気記録媒体の前記記録トラックの長手方向に対して平行でも直角でもないことを特徴とする。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0038】（第1の実施の形態）図1は、本発明の第1の実施の形態に係る磁気抵抗効果型ヘッドの構成を概念的に表す斜視図であり、記録媒体との関係も表した図である。

【0039】図2は、このヘッドを記録媒体との対向面から眺めた概念斜視図である。

【0040】すなわち、本発明の磁気ヘッドは、基板6の上において、スピナバルブ素子1と一対の磁気シールド3とが、磁気ギャップ5を介して配置されている。また、スピナバルブ素子1の両端には電極2、2が接続されている。これらと記録媒体200との配置関係は、図1に表した通りである。ここで、 $T_w$ は記録トラックの幅であり、矢印Mは記録媒体200の磁化方向を表す。

【0041】基板6は、例えば、 $Al_2O_3 \cdot Ti \cdot C$ （アルチック）からなり、この上にさらに $Al_2O_3$ 等からなる絶縁層が設けられている。この絶縁層上に、スピナバルブ素子1、磁気シールド3が設けられている。

【0042】磁気シールド3を構成する一対の磁性体は、同一平面を形成するようにスピナバルブ素子1の両側に配置され、電気的には絶縁されている。磁気シールド3は、例えばNiFe合金やCoZrNbのようなアモルファス合金、あるいはフェライトのような絶縁磁性体などの軟磁性体材料よりなる。

【0043】スピナバルブ素子1は、例えばCoFe/Cu/CoFe積層膜のように、ピン層と中間層と磁化自由層とを積層した構造を有する。また、スピナバルブ素子1の両端に設けられた電極2は、Cu、Au、Ta、Ti等により構成される。

【0044】本発明によれば、図1に示したように、スピナバルブ素子1のピン層の磁化方向Pとセンス電流の通電方向Cは、記録媒体200の対向面に対して略平行になるように配置されている。つまり、記録媒体200からの流入磁束は、図1に示したように、センス電流Cと略平行に流入する。さらに、ピン層の磁化方向Pとセンス電流通電方向Cとが略平行であるために、センス電流による磁界が動作点バイアスを変動させるという問題を解消することができる。従って、大きなセンス電流を流すことが可能となり、大きな出力を確保できる。

【0045】さらに、本発明によれば、素子の構造上、不感部分をなくすることができる。上記の磁気ギャップ5は、主として $AlOx$ （酸化アルミニウム）等からなるが、磁気ギャップ5を電極の一部としても活用でき、Cu、Au、Ag、Ti、Taなどの非磁性伝導膜を用いても良い。このような磁気ヘッドにおいては、磁気ギャップを介してスピナバルブ素子1の両側に配置される一対の磁気シールド3、3の間隔によって再生の分解能が規定されている。

【0046】次に、本実施形態の変形例について説明する。

【0047】図3は、本変形例に係る磁気抵抗効果型ヘッドの構成を概念的に表す斜視図であり、記録媒体との関係も表した図である。

【0048】図4は、第2の変形例であり、磁気抵抗効果型ヘッドを記録媒体との対向面から眺めた斜視概念図である。

【0049】図3、図4に例示した各変形例においては、スピナバルブ素子1が斜めに配置されている。つまり、磁化固定層の磁化固定方向Pが記録媒体のトラックTの長手方向に対して、平行でも垂直でもない。このようにスピナバルブ素子1を配置することにより、トラックTにおける信号磁束の方向Mが図示のような斜めの方向に記録された記録媒体200を再生することができるようになる。その結果として、図1乃至図2に例示したような磁気ヘッドよりも記録ビット長を短くすることが可能となる。つまり、狭ビット長化することにより記録密度をさらに上げることが可能となる。

【0050】（第2の実施の形態）次に、磁気ヨークを

備えた磁気ヘッドについて説明する。

【0051】図5は、本発明の第2の実施の形態に係る磁気ヘッドの構成を概念的に表す斜視図である。同図に関しても、図1～図4に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0052】図5は、磁気ヘッドの動作状態を表すものであり、記録媒体200に記録された記録トラックTと併せて示している。磁気ヘッドは以下のように形成される。すなわち、 $Al_2O_3-TiC/Al_2O_3$ （アルチック）上に酸化アルミニウム層を（図示せず）上に、 $NiFe/IrMn/NiFe$  積層膜からなる磁気ヨーク7、7が形成されている。この磁気ヨーク7は、基板面と略平行となる同一平面を有するように並列に形成されている。その膜厚は、トラック幅Twを規定するものであり、例えば0.3 $\mu m$ 程度とすることができる。

【0053】磁気ヨーク7の磁化方向は、微細で等方的なものとなっており、このような磁区構造とするために「磁界中熱処理」が施されている。磁気ヨーク7は一對をなしており、媒体200と対向する面側には、略垂直方向に配置された磁気ギャップ5が介在されている。この磁気ギャップ5と磁気ヨーク7とは、それらとスピバルブ素子1により形成される磁気回路が基板面に対して略平行となるように配置されている。

【0054】磁気ヨーク7、7が設けられた基板面と略平行な平面、すなわち磁気ヨーク7中を通る磁束と略平行な平面に対して平行に一對の電極3、3を介してスピバルブ素子1が配置されている。つまり、スピバルブ素子1は、一對の磁気ヨーク7、7と磁気的に結合するように配置されている。記録媒体200から磁気ギャップ5を介して磁気ヨーク7に流入した信号磁界は、磁気ヨーク7と電極3を介してスピバルブ素子1に導かれる。すなわち、磁気ヨーク7とスピバルブ素子1とは磁気ギャップ5を介してリング状の磁気回路を形成している。

【0055】ここで、スピバルブ素子1の磁化固着方向Pは記録媒体200の面と略平行詳しくは記録トラックTと略平行な方向に固定されている。また、スピバルブ素子1には一對の電極3、3を介してセンス電流が供給され、スピバルブ素子1に供給されるセンス電流Iは媒体面と略平行詳しくは記録トラックと略平行な方向Cに流される。

【0056】図5に例示したヨーク型磁気ヘッドにおいては、一對の磁気ヨーク7、7の間に形成された磁気ギャップ5によってトラックTの長手方向の分解能が規定される。また、磁気ヨーク7の膜厚によってトラック幅Twが規定される。このために極めて微小な記録ビットにも対応でき、HDDの高記録密度化に最適な構造を有する。

【0057】また、磁気ヨーク7の磁気異方性を分散す

ることにより軟磁性が上がり、記録媒体200の信号磁束を効率良くスピバルブ素子1へと導くことができる。その際に、スピバルブ素子1の磁化固着方向Pは媒体面と略平行詳しくは記録トラックTと略平行な方向に固定されていることから、記録媒体200の信号磁束に対する感度が大きくなる。加えて、スピバルブ素子1に供給されるセンス電流Iは媒体面と略平行詳しくは記録トラックTと略平行な方向Cに流されるため、センス電流による磁界は記録媒体200の信号磁束に対して略垂直となり、センス電流値を増加しても動作バイアス点を変動させるといった問題が生じない。

【0058】図6は、本実施形態のヨーク型磁気ヘッドに用いることができるスピバルブ素子の構成を例示した概念図である。すなわち、磁気ヨーク7の上に設けられた絶縁膜9の上に、スピバルブ素子1Aが形成されている。その構造は、下地層11としてTa、磁化自由層（磁化自由層）12としてCoFe、非磁性層（中間層）13としてCu、磁化固着層（ピン層）14としてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、保護層16としてTaがこの順に積層されてなる。

【0059】但し、本発明において用いることのできるスピバルブ素子1の構成は、図6に例示したものに限定されない。

【0060】図7～図15は、本発明において用いることのできるスピバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【0061】図7に例示したスピバルブ素子1Bは、下地層11としてTa、反強磁性層15としてIrMn、磁化固着層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、保護層16としてTaが、この順に積層されたものである。

【0062】図8に例示したスピバルブ素子1Cは、下地層11としてTa、磁化自由層15としてCoFe、非磁性層13としてCu、第2磁化固着層14BとしてCoFe、層17としてRu、第1磁化固着層14AとしてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、保護層16としてTaが、この順に積層されたものである。

【0063】図9に例示したスピバルブ素子1Dは、下地層11としてTa、反強磁性層15としてIrMn、第1磁化固着層14AとしてCoFe、層17としてRu、第2磁化固着層14BとしてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、保護層16としてTaがこの順に積層されたものである。

【0064】図10に例示したスピバルブ素子1Eは、下地層11としてTa、酸化層18、磁化自由層12としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化固着層14としてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、保護層16としてTaが、この順に積層されたものである。

【0065】図11に例示したスピバルブ素子1Fは、下地層11としてTe、第1酸化層17A、磁化自由層12としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化固定層14としてCoFe、第2酸化層17B、反強磁性層15としてIrMn、保護層16としてTeが、この順に積層されたものである。

【0066】図12に例示したスピバルブ素子1Gは、下地層11としてTe、反強磁性層15としてIrMn、磁化固定層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、酸化層18、保護層16としてTeが、この順に積層されたものである。

【0067】図13に例示したスピバルブ素子1Hは、下地層11としてTe、反強磁性層15としてIrMn、第2酸化層18B、磁化固定層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、第1酸化層18A、保護層16としてTeが、この順に積層されたものである。

【0068】図14に例示したスピバルブ素子も用いることもできる。すなわち、同図に表した磁気ヘッドにおいては、基板6の上に磁気ヨーク7が形成され、その上に絶縁層9を介してスピバルブ素子11が形成されている。

【0069】スピバルブ素子11は、下地層11としてTe、反強磁性層15としてIrMn、磁化固定層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化固定層14としてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、保護層16としてTeが、この順に積層されたものである。このようなスピバルブ素子11において、磁化固定層14の磁気固定方向は矢印Pで表した方向であり、センス電流Iは矢印Qで表した方向に流れる。

【0070】図15に例示したスピバルブ素子も用いることもできる。すなわち、同図に表した磁気ヘッドにおいても、基板6上に形成された磁気ヨーク7上に絶縁層9を介してスピバルブ素子11が設けられている。

【0071】スピバルブ素子1Jは、下地11としてTe、反強磁性層15としてIrMn、磁化固定層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、絶縁層9としてアルミナ、磁化自由層12としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化固定層14としてCoFe、層17としてRu、磁化固定層14としてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、保護層16としてTeが、この順に積層されたものである。

【0072】この構成においては、中央付近の絶縁層9をはさんで両側の磁化固定層14の磁化方向Pは互いに反平行となる。また、一対の電極のうちの一の電極2Aは一体であるのに対し、もう一方の電極2Bは絶縁層9により上下に分離されている。これによって、出力の

差動増幅が可能となる。

【0073】図16は、この差動増幅動作を説明するためのグラフ図である。同図に表した磁界強度Hとヘッドの出力電圧との関係から明らかなように、図15の磁気ヘッドによれば、磁界の変化に対する出力電圧を2倍の $2\Delta V$ とすることができる。さらに、出力の作動増幅が可能となり、背景ノイズをキャンセルしてS/N比を飛躍的に改善することができる。

【0074】次に、本実施形態の第2の具体例について説明する。図17は、本実施形態の第2の具体例に係る磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。すなわち、同図は、磁気ヘッドの動作状態を表すものであり、記録媒体200の上に記録された記録トラックTも併せて表す。本第2の具体例の磁気ヘッドは、以下のように形成される。

【0075】すなわち、 $Al_2O_3-TiC/Al_2O_3$ からなる基板（図示せず）の上に、 $NiFe/IrMn/NiFe$ 積層膜からなる一対の磁気ヨーク7、7が形成されている。この磁気ヨーク7、7は、基板面と略平行となる同一平面を有するように並列に配置されている。その膜厚は、トラック幅Twを規定するものであり、例えば約0.3 $\mu m$ とすることができる。磁気ヨーク7の磁化方向は微細で等方的なものとされ、このような磁区構造とするために磁界中熱処理が施されている。

【0076】磁気ヨーク7、7の間磁気ギャップ5が介在されている。磁気ギャップ5と磁気ヨーク7とは、それらとスピバルブ素子1により形成される磁気回路が基板の主面に対して略平行となるように配置されている。磁気ギャップ5はギャップ長を規定するものであり、例えば約0.05 $\mu m$ とすることができる。また、磁気ギャップ5の材質としては非磁性材料が用いられ、例えば $Al_2O_3$ により形成することができる。

【0077】基板6の主面と略平行な平面、言い換えると磁気ヨーク7中を通る磁束と略平行な平面上にはスピバルブ素子1、1が記録媒体200の対向面から所定距離後退した位置に記録媒体200と略平行に磁気ヨーク7の両側に配置されている。つまり、それぞれのスピバルブ素子1は一対の磁気ヨーク7、7と磁気的に結合するように配置されている。記録媒体200から磁気ギャップ5を介して磁気ヨーク7に流入した信号磁界は、磁気ヨーク7を通過してそれぞれのスピバルブ素子1、1に導かれる。すなわち、磁気ヨーク7とスピバルブ素子1は磁気ギャップ5を介してリング状の磁気回路を形成している。

【0078】ここで、スピバルブ素子1の磁化固定方向は媒体面と略平行、詳しくは記録トラックTと略平行な方向に固定され、お互いに反平行とされている。また、図示は省略したがスピバルブ素子1の両端にはセンス電流を供給するための一対の電極が設けられ、スピバルブ素子1に供給されるセンス電流は、媒体面と略

平行、詳しくは記録トラックTと略平行な方向に流される。

【0079】本第2の具体例のヨーク型磁気ヘッドでは、磁気ヨーク7、7によって形成された磁気ギャップ5がトラックTの長手方向の分解能を規定し、かつ磁気ヨーク7の膜厚がトラック幅を規定するために、極めて微小な記録ピットにも対応できる。その結果として、HDDの高記録密度化に最適な磁気ヘッドであるといえる。

【0080】また、磁気ヨーク7の磁気異方性が分散されているために軟磁性が上がり、記録媒体200の信号磁束を効率良くスピバルブ素子1へと導くことができる。さらに、スピバルブ素子1の磁化固着方向Pが媒体面と略平行、詳しくは記録トラックTと略平行な方向に固定されていることから、記録媒体200の信号磁束に対する感度が大きくなる。さらに、スピバルブ素子1に供給されるセンス電流は媒体面と略平行、詳しくは記録トラックと略平行な方向に流される。このため、センス電流による磁界は信号磁束に対して略垂直となり、センス電流値を増加しても動作バイアス点の変動が殆ど生じない。さらに、対向して設けられたスピバルブ素子1、1のそれぞれの出力を差動増幅させることが可能であり、出力を増強させるとともに背景ノイズをキャンセルすることでS/N比を大幅に改善できる。

【0081】図18は、本実施形態の第3の具体例に係る磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。すなわち、同図は、磁気ヘッドの動作状態を表すものであり、記録媒体200の上に記録された記録トラックTも併せて表す。本第3の具体例の磁気ヘッドは、以下のよう形成される。

【0082】すなわち、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる基板（図示せず）の上に、NiFe/IrMn/NiFe積層膜からなる一対の磁気ヨーク7、7が形成されている。磁気ヨーク7は、基板面と略平行となる同一平面を有するように並列に形成されている。磁気ヨーク7の記録媒体200に対抗する面における膜厚はトラック幅Twを規定するものであり、例えば0.3μmとすることができる。磁気ヨーク7の磁化方向は微細で等方的なものとされ、このような磁区構造とするために磁界中熱処理が施されている。磁気ヨーク7、7は一対をなしており、記録媒体200に対向する面側には略垂直方向に配置された磁気ギャップ5が介在されている。この磁気ギャップ5と磁気ヨーク7、7とは、それらとスピバルブ素子1により形成される磁気回路が基板面に対して略平行となるように配置されている。

【0083】磁気ギャップ5はギャップ長を規定するものであり、例えば0.05μmとすることができる。その材質としては非磁性材料が用いられ、例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>により形成することができる。磁気ヨーク7の基板面と略平行な平面、言い換えると磁気ヨーク7中を通る磁束

と略平行な平面上には、スピバルブ素子1が記録媒体200から所定距離後退した位置において媒体200と略平行に磁気ヨーク7、7によって挟まれるように配置されている。すなわち、スピバルブ素子1は一対の磁気ヨーク7、7と磁気的に結合するように、その内側に配置されている。記録媒体200から磁気ギャップ5を介して磁気ヨーク7に流入した信号磁界は、磁気ヨーク7を通してスピバルブ素子1に導かれる。すなわち、磁気ヨーク7とスピバルブ素子1とは磁気ギャップ5を介してリング状の磁気回路を形成している。

【0084】ここで、スピバルブ素子1の磁同化固着方向Pは、媒体面と略平行詳しくは記録トラックTと略平行な方向に固定されている。スピバルブ素子1の両端には、センス電流を供給するための一対の電極2、2が設けられている。スピバルブ1に供給されるセンス電流は、媒体面と略平行詳しくは記録トラックと略平行な方向に流される。

【0085】上述した図18に示される磁気抵抗効果型ヘッドは、ヨーク膜厚が媒体対向面から遠ざかるにつれて増加しているため、磁気的なコンダクタンスが低下し、媒体磁束の喰い込みが向上する。

【0086】また、図17、および図18に示されるようなヨークにスピバルブ素子が挟まれるタイプの磁気抵抗効果型ヘッドで、基板面に略平行な対称面（鏡面）を有するような構造を有する磁気抵抗効果型ヘッドにおいては、マイクロトラックプロファイルが向上する。

【0087】図19は、本第3の具体例において用いることができるスピバルブ素子の構成を例示した断面概念図である。すなわち、一対の磁気ヨーク7、7の間には、絶縁層9を介してスピバルブ素子1が挟持されている。スピバルブ素子1は、下地層11としてTa、磁化自由層12としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化固着層14としてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、磁化固着層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、保護層16としてTaがその順に積層されている。さらにその上側に絶縁層9を介して磁気ヨーク7が形成されている。

【0088】図20は、本第3の具体例において用いることができる他のスピバルブ素子の構成を例示した断面概念図である。すなわち、このスピバルブ素子は、下地層11としてTa、磁化自由層12としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化固着層14としてCoFe、層17としてRu、磁化固着層14としてCoFe、反強磁性層15としてIrMn、絶縁層9としてアルミナ、反強磁性層15としてIrMn、磁化固着層14としてCoFe、非磁性層13としてCu、磁化自由層12としてCoFe、保護層16としてTaを、この順に積層した構成を有する。

【0089】ここで、同図に表したように、中央の絶縁



層9を挟んで両側のスピバルブ素子の磁化固着方向Pを互いに反平行とすることができ、差動増幅が可能となる。また、反強磁性層15/絶縁層9/反強磁性層15の部分は、それ自体が絶縁性であるNiO反強磁性膜とすることもできる。

【0090】次に、本実施形態の第4の具体例について説明する。図21は、本実施形態の第4の具体例に係る磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。同図は、図示しない記録媒体に対向する対向面から眺めた斜視図である。スピバルブ素子1は、媒体対向面から所定の距離後退した位置に媒体面と略平行となるように絶縁膜9を介して設けられている。スピバルブ素子1の上下両側には、その端部から発生する逆磁区を抑制するとともに、スピバルブ素子1の磁化自由層に媒体面に対し垂直方向のバイアス磁界を加える目的でバイアス膜30、30が設けられている。

【0091】また、スピバルブ素子1の左右両端には、センス電流を供給するために一対の電極2、2が設けられている。ここで、スピバルブ素子1が設置された部分についてみると、電極2、2の間隔W1は、磁気ヨーク7、7の間隔W2よりも短くなるように構成されている。スピバルブ素子1と磁気ヨーク7とが重なる部分とその近傍は、記録媒体からの信号磁束の多くが磁気ヨーク7に流れるため、この部分でのスピバルブ素子1は出力にはあまり寄与しない。つまり、スピバルブ素子1に「不感帯」が生ずる場合がある。

【0092】そこで、本具体例のように、電極の間隔W1を磁気ヨークの間隔W2よりも短くすることにより、電極2、2の間からスピバルブ素子1の「不感帯」を排除する。このようにすれば、スピバルブ素子1のみに媒体からの磁束が流れる部分、すなわち出力に大きく寄与する部分のみの効果を取り出すことが可能となる。

【0093】次に、本実施形態の第5の具体例について説明する。図22(a)は、本実施形態の第5の具体例に係る磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。同図も、図示しない記録媒体に対向する対向面から眺めた斜視図である。基板6の上に設けられた磁気ヨーク7、7は一対をなし、媒体に対向する側に磁気ギャップ5が設けられている。スピバルブ素子1は、媒体対向面から所定の距離だけ後退した位置に媒体面と略平行となるように絶縁膜9を介して設けられている。また、その上下両側には、端部から発生する逆磁区を抑制するとともにスピバルブ素子1の磁化自由層に媒体面に対して垂直方向のバイアス磁界を加えるためのバイアス膜30が設けられている。

【0094】スピバルブ素子1の左右両端には、センス電流を供給するための電極2、2が設けられている。また、磁気ヨーク7、7の下には、通電層32、32が設けられている。この通電層32に、図示のように電流Iを流しながらこの磁気ヘッドを加熱することにより、磁

気ヨーク7とスピバルブ素子1の磁化自由層に同時に磁気異方性を付与することができ、しかもそれは媒体からの信号磁束が流れる方向と略垂直となる。従って、磁気ヨーク7とスピバルブ素子1で発生するバルクハウゼンノイズをいずれも抑制することができる。

【0095】(第3の実施の形態)次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。本実施形態は、スピバルブ素子1と、磁気ヨーク7の形成方法に関する。

【0096】図23は、スピバルブ素子と磁気ヨーク部材のそれぞれのアニール温度と交換結合磁界とブロッキング温度との関係を模式的に表した概念図である。すなわち、同図(a)は、横軸にアニール温度T、縦軸に交換結合磁界Hを表したグラフ図である。また、同図(b)は、アニール時の温度プロファイルを表すグラフ図であり、温度軸(同図に向かって横方向)と、時間軸(縦方向)とを有する。また、図23(b)における挿入図は、温度T<sub>yoke</sub>とT<sub>b-sv</sub>におけるスピバルブ素子1及び磁気ヨーク7の状態を表す概念図である。

【0097】ここで、以下の如く省略記号を定義する。  
T<sub>b-sv</sub> : スピバルブ素子の磁化固着層の交換結合磁界が消失する温度(以下、「ブロッキング温度」と称する。)

T<sub>b-yoke</sub> : 磁気ヨークを構成する部材のブロッキング温度

H<sub>ua-sv</sub> : スピバルブ素子の磁化固着層の室温での交換結合磁界の大きさ

H<sub>ua-yoke</sub> : 磁気ヨークを構成する部材の室温交換結合磁界の大きさ

T<sub>sv</sub> : スピバルブ素子の磁化固着層のアニール温度

H<sub>sv</sub> : スピバルブ素子の磁化固着層のアニール時に印加する磁界強度

T<sub>yoke</sub> : ヨーク部材のアニール温度

H<sub>yoke</sub> : ヨーク部材のアニール時の磁界強度

H<sub>ua-sv</sub>(T<sub>yoke</sub>) : T<sub>yoke</sub>におけるスピバルブ素子1の磁化固着層の交換結合磁界の大きさ

H<sub>k</sub> : ヨーク部材の異方性磁界

【0098】ヨーク型磁気抵抗効果型ヘッドでは、磁気ヨークを構成する部材内に磁区を形成することにより発生するバルクハウゼンノイズ(BHN)を抑制することが最も重要な課題である。BHNは、ヨーク部材内に磁区が形成され、それらが不連続に移動することにより発生する。したがって、BHNをなくすには磁区を消去することすなわち単磁区化することが必要である。または、別の方法としてヨーク部材内に形成される磁区をヨーク部材の大きさと比較して十分に小さくすることにより、それぞれの磁区運動の不連続性を連続的にすることでBHNが相対的に消失した状態を作り出す方法がある。つまり、ヨーク部材内に形成される磁区を微細化すれば、それぞれの磁区運動による影響も微小なものとな

り、出力信号に表れるダイナミックな変動も抑制できる。

【0099】磁区制御の観点から言うと、強磁性体膜を中間層を挟んで積層することにより、上下磁性層の間でエッジ部に出る磁化をキャンセルし、磁気ヨークの環流磁区を消失させることができる。

【0100】さらに別の方法として、図23(b)に例示したように、反強磁性体膜AFMと強磁性体膜FMとを積層させることが有効である。すなわち、反強磁性体膜AFMと強磁性体膜FMとの間の交換結合を利用することにより、磁気ヨークには「方向性磁気異方性」あるいは「分散磁気異方性（すなわち等方性）」が付与され、磁気ヨークが単磁区、あるいは、分散微小磁区構造をとる。

【0101】「方向性磁気異方性」は、一方向磁場を印加したアニール、あるいは磁気ヨークに通電しながらのアニールを行うことにより形成することができる。また、「分散磁気異方性」は、回転磁場を印加したアニールを行うことにより形成することができる。いずれの方法を選択しても、BHは低減される。

【0102】図23(b)に例示したような積層構造の磁気ヨークを採用する場合に最も重要なことは、ヨーク部材とスピナルブ素子1のアニールを両立させることである。つまり、ヨーク部材のアニールを施した後においても、スピナルブ素子1の磁化固着層の磁化を安定に保たなければならない。

【0103】従って、スピナルブ素子1の磁化固着層の反強磁性膜の特性として、磁気ヨークのアニール温度においても十分に大きな交換結合磁界を保持することが必須条件となる。この場合、磁気ヨーク部材と比較してスピナルブ素子のブロッキング温度および交換結合磁界が十分に大きいことが非常に望ましいが、図22の(b)に示されるようなヨーク部材とスピナルブ素子磁化固着層との交換結合磁界が温度特性の関係を有する場合でも、ヨーク部材とスピナルブ素子との整合性が取れたアニールは可能である。

【0104】図23(a)と(b)とに表したように、まず、スピナルブ素子を $T_{b-sv}$ 以上、あるいは、その近傍で十分に磁化固着できる温度でアニールする。その後、連続してあるいは非連続に、 $T_{b-sv} > T_{yoke} \geq T_{b-yoke}$ なるアニール温度 $T_{yoke}$ において、 $H_{ua-sv}(T_{yoke}) > H_{yoke} > H_k$ となる外部磁界 $H_{yoke}$ を回転あるいは一方向に印加しながら、真空中でアニールする。ここで、 $T_{yoke}$ は理想的には $T_{b-yoke}$ 以上が好ましいが、その近傍の温度でも良い。

【0105】従って、この場合、 $T_{b-sv} > T_{b-yoke}$ なる関係が満たされることが望ましい。ここで、スピナルブ素子1の磁化固着層のブロッキング温度と磁気ヨ

ーク部材のブロッキング温度との差は、ヨークの磁区制御ができる範囲であればできるだけ大きい方が好ましい。実際のブロッキング温度差としては、アニールを容易に実施するためには20℃以上であることが好ましく、50℃以上であればさらに好ましい。

【0106】磁化固着層とヨーク部材とのブロッキング温度の差を得る方法としては、次の2つの方法が挙げられる。すなわち、両者を同一組成の反強磁性体膜とする場合には、それらの反強磁性体膜の膜厚に差を設ける方法がある。また、磁化固着層とヨーク部材とで、ブロッキング温度に差を有する異なる組成の反強磁性体膜を採用する方法も挙げることができる。

【0107】一般的に、反強磁性膜の膜厚が増加するに従ってブロッキング温度は上昇する傾向がある。従って、同一組成の反強磁性体膜を用いる場合には、ヨーク部材には薄い反強磁性体膜、スピナルブ素子には厚い反強磁性体膜を用いることが望ましい。一方、それぞれに異なる組成の反強磁性体膜を用いる場合は、様々な組み合わせが考えられる。ここで、ヨーク部材およびスピナルブ素子に用いられる反強磁性体膜としては、Fe-Mn合金、Ir-Mn合金、Pt-Mn合金、Cr-Mn合金、NiO合金、CrAl合金、CoPt-Mn合金、Rh-Mn合金、Ru-Mn合金などからなる強磁性体膜と交換結合するあらゆる反強磁性体膜を用いることが可能である。

【0108】もう一つの望ましい条件として、スピナルブ素子の磁化固着層の交換結合磁界の温度特性が良好な方が、ヨーク部材のアニールの際の印加磁場の自由度が大きくなる。ヨーク部材のアニール時の印加磁界は、ヨーク部材に用いている強磁性体膜FMの異方性磁界( $H_k$ )よりも大きくなくてはならない。これは、ヨーク部材のアニールは $T_{b-yoke}$ 以上の温度で行うために、交換結合磁界の効果が消失するからである。従って、このことは反強磁性体膜AFMを使わないヨーク部材を用いる場合にも適用できる。従って、磁化固着層の交換結合磁界 $H_{ua-sv}$ の温度特性は、図23(a)に示したように上に凸形状を取ることが望ましい。

【0109】 $H_{ua-sv}$ の温度特性を向上させるためには、反強磁性体膜の結晶性の向上、すなわち結晶配向性の向上および結晶粒径の粗大化を図ることが有効である。また、スピナルブ素子の積層構造においては、図8や図9に例示したように、第1の磁性層（第1の固着層）と第2の磁性層（第2の固着層）とそれらに挟まれた層とからなる「逆平行固着層」を用いることが有効である。「逆平行固着層」を用いると、極めて優れた交換結合磁界強度と交換結合磁界の温度特性とが得られる。

【0110】次に、本実施形態の具体例について説明する。

【0111】本発明者は、以下に詳述するスピナルブ素子と磁気ヨーク部材とを用い、本実施形態に基づいて

アニールを実施した。

【0112】まず、スピバルブ素子としては、以下の2種類を使用した。

SV1: Ta5/Ru1/Cu1/CoFe1.5/Cu2/CoFe2/Ru0.3/CoFe2/IrMn10/Ta5 (nm)

SV2: Ta5/NiFe1/CoFe1/Cu2/CoFe2/PtMn30/Ta5 (nm)

磁気ヨークとしては、NiFe/IrMn (5nm) / NiFeの積層構造膜を用いた。

【0113】SV1における反強磁性体膜 (IrMn 10nm) のブロッキング温度は約300℃であり、磁気ヨークの反強磁性体膜 (IrMn 5nm) のブロッキング温度は200℃であった。また、室温での交換結合磁界は、それぞれ、約4000e、約1000eであった。

270℃-10kOe

1.0時間-方向アニール後

SV1: 7.65%

SV2: 6.54%

【0117】上記のように、SV1とSV2のいずれにおいても、MR変化率の低下は見られなかった。また、いずれの素子においても、磁化固着層の磁化方向の傾きは5°以内に維持されていた。以上具体例を挙げて説明したように、本実施形態によれば、スピバルブ素子と磁気ヨークの特性をいずれも損なうことなく、効果的にアニールを施してバルクハウゼンノイズを低減することができる。

【0118】上記ヨーク部材をヨーク形状にフォトリソグラフィ技術を用いて加工した後、SKEM (Scanning Kerr Effect Microscopy) を用いてその磁区構造を観察したところ、ヨーク部材にはバルクハウゼンノイズの原因と考えられる磁区構造および磁壁は観察されなかった。

【0119】さらに上記のヨーク部材およびスピバルブ膜を用いたヨーク型スピバルブ磁気ヘッドをスピンドルテストにより、その出力を評価した結果、ヨーク部およびスピバルブ素子部からのバルクハウゼンノイズは見られず、十分に良好な出力が得られた。

【0120】ヨーク型の磁気抵抗効果型ヘッドとしては、前述した各実施形態に関して説明した具体例の他に、図24から図26に表したものも挙げられる。以下に、それぞれの具体例について詳細に説明する。

【0121】これらのヨーク型磁気抵抗効果型ヘッドにおいても、上述したように磁気ヨークのバルクハウゼンノイズ (BHN) は共通の課題である。磁気ヨークからのBHN対策としては、反強磁性体膜と強磁性体膜との積層化による交換結合磁界を利用するのが効果的である。前述したように、この方法によれば、磁気ヨークの磁区を微小化し、かつ磁気異方性を分散させたり、一磁区異方性を付与したりすることが可能となり、BHNを抑制できる。

また、NiFeの異方性磁界は約50eであった。

【0114】一方、SV2における反強磁性体膜 (PtMn 15nm) のブロッキング温度と交換結合磁界は、それぞれ350℃、6000eであった。

【0115】これらの部材を用いて磁気ヘッドを組み立て、アニールした。まず、270℃で10時間-方向に10kOeの磁界を印加してアニールし、次に、220℃で5時間回転しながら2000eの磁界中でアニールし、そのまま炉中で冷却した。ここで、SV1とSV2の220℃での交換結合磁界の大きさは、それぞれ2500e、3000eであった。

【0116】このアニール前後でスピバルブ素子のMR (磁気抵抗) 変化率を測定し、次に示す結果を得た。

220℃-2000e

5時間・回転アニール後

7.64%

6.56%

【0122】しかし、スピバルブ素子の磁化固着層においても反強磁性体膜と強磁性体膜との交換結合特性を用いているので、スピバルブ素子の磁化固着層と磁気ヨークの磁気異方性制御をいかにして両立させるかということが上述の磁気ヨーク型磁気抵抗効果型ヘッドと同様に課題となる。

【0123】この課題に対しては、本実施形態の概念に基づいた反強磁性体膜の設計、すなわち、磁気ヨークにはスピバルブ素子よりも低いブロッキング温度を有するものを用いることが有効である。

【0124】図24は、本発明による磁気抵抗効果型ヘッドの具体例を表す斜視概念図である。同図に関して、前述した各具体例と同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0125】図24の磁気ヘッドにおいては、バックヨーク7Bと、フロントヨーク7Aと、スピバルブ素子1と、が電氣的にも磁氣的にも接続されている。また、磁気ギャップ5を介して、背面側にはボトムヨーク7Cが設けられ、信号磁束がリング状に環流するようにされている。なお、スピバルブ素子1の背面においては、ボトムヨーク7Cは山型に突出し、磁気ギャップ5との間に空間には、図示しない非磁性材料を充填しても良い。

【0126】また、本磁気ヘッドのフロントヨーク7A、バックヨーク7Bおよびボトムヨーク7Cに1方向磁気異方性が付与される場合、それは媒体対向面に平行で、スピバルブ素子1の磁化固着層の磁化固着方向Pとは垂直に付与される。

【0127】本具体例においては、スピバルブ素子1から記録媒体200までの間の「不感部分」となる領域に、フロントヨーク7Aが設けられている。従って、磁気ヘッドの感度を確保するためには、この「不感部分」

における侵入磁束長を長くすることが望ましい。つまり、磁気コンダクタンスを大きくする（磁性膜の透磁率を確保する）ために、スピバルブ素子1の磁化自由層とは異なる高透磁率磁性材料を用いて、または磁化自由層より膜厚を厚くして、フロントヨーク7A形成することが望ましい。

【0128】また、ヨーク部材として、記録媒体200との接触に強い、硬質の軟磁性材料も選択できる。また、センス電流の通電方向とスピバルブ素子1の磁化固定層の磁化固定方向Pとが平行となるために、素子動作点（バイアス点）がセンス電流によって変動しない。従って、大電流化により高出力化を実現できる。バイアス点は、後に詳述する第4実施形態の方法で最適化できる。

【0129】また、スピバルブ素子1の長手方向が、媒体面に対して垂直に規定され、スピバルブ素子1の幅が、直接トラック幅Twとなり、センス電流の通電方向も媒体面に対して垂直であるから、狭トラック化したときに出力が得られやすいという利点も有する。

【0130】図25は、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドの別の具体例を表す斜視概念図である。図24に表したものと比較すると、電極2の配置関係が異なる。すなわち、センス電流の通電方向Cと磁化固定層の磁化固定方向Pとが直交している。フロントヨーク7Aとバックヨーク7Bとスピバルブ素子1とは磁気的に結合されているが、電気的には接続されていない。すなわち、スピバルブ素子1の下面には、絶縁層9が設けられている。

【0131】また、本磁気ヘッドのフロントヨーク7A、バックヨーク7Bおよびボトムヨーク7Cに1方向磁気異方性が付与される場合、それは媒体対向面に平行で、スピバルブ素子1の磁化固定層の磁化固定方向Pとは垂直に付与される。

【0132】図26は、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドの別の具体例を表す斜視概念図である。本具体例においては、2つのフロントヨーク7A1、7A2とバックヨーク7Bとがそれぞれスピバルブ素子1A、1Bにより磁気的に結合され、リング型の磁気回路を形成している。2つのスピバルブ素子1A、1Bにより差動動作させ、図16に関して前述したように、出力を増強するとともにS/N比を大幅に向上することができる。

【0133】また、トラック幅Twをフロントヨーク7A1、7A2の膜厚で規定するので、極めて狭い記録トラックに対応できる。すなわち、超高密度記録媒体に用いて好適な磁気抵抗効果型ヘッドを実現することができる。

【0134】（第4の実施形態）次に、本発明の第4の実施形態として、磁気抵抗効果型ヘッドにおけるスピバルブ素子のバイアス膜の具体的な構成、およびスピバルブ素子の形成方法について説明する。

【0135】図27は、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおける磁気ヨークとスピバルブ素子の形状及びこれらの位置関係を例示した概念図である。

【0136】これらの図において、1はスピバルブ素子、30はスピバルブ素子の磁化自由層の磁区を制御するためのバイアス膜、7は磁気ヨークを表す。スピバルブ素子1としては、前述した各実施形態に関して例示したような種々の構成を採用できる。

【0137】バイアス膜30としては、Cr/Cu80Pt20(at%)積層膜や、Fe(70~95)Co(30~5)/Cu80Pt20(at%)積層膜や、Fe-Cu-O膜などの硬磁性フェライト膜などの硬磁性膜を用いることができる。

【0138】図28~図30は、図27に例示した磁気抵抗効果型ヘッドの異部製造プロセスを表す工程断面図であり、図27(e)に表したA-A'断面を表す。

【0139】最初に、図27~図29を参照しつつ、本実施形態の製造方法について説明する。

【0140】まず、図28(a)に表したように、絶縁下地膜9の上に、バイアス膜30および第1の絶縁膜80を堆積する。ここで、絶縁下地膜9は、図示しない磁気ヨークを形成し加工して平坦化した表面上に堆積したものであり、その材料としては、例えばAlOx（酸化アルミニウム）などを用いることができる。また、第1の絶縁膜80は、AlOxやSiOx（酸化シリコン）などにより形成することができる。

【0141】次に、図28(b)に表したように、レジストマスク300を形成する。具体的には、第1の絶縁膜80の上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ技術によりレジストをパターニングする。

【0142】次に、図28(c)に表したように、第1の絶縁膜80を選択的にエッチングする。具体的には、例えばイオン・ミリングやリアクティブ・イオン・エッチングなどのドライエッチングにより、レジストマスク300の開口部に露出している第1の絶縁膜80をエッチングする。

【0143】次に、図28(d)に表したように、レジストマスク300を除去する。

【0144】次に、図28(e)に表したように、バイアス膜30を選択的にエッチングする。具体的には、第1の絶縁膜80をマスクとして、その開口に露出しているバイアス膜30をエッチングする。なお、図29(a)は、図28(e)と同一の状態を表す。

【0145】この後の工程は、図29に表したように、2種類に分けることができる。すなわち、まず、図29(b)に表したように、第2の絶縁膜82を全面に堆積し、さらに、スピバルブ素子を構成する積層構造1を全面に形成する。ここで、第2の絶縁膜82の材料としては、AlOxやSiOxなどを用いることができる。

【0146】または、図29(c)に表したように、ス

ピンバルブ素子を形成する積層構造1を全面に形成しても良い。

【0147】次に、図29(d)または(e)に表したように、レジストマスク302を形成する。すなわち、バイアス膜が選択的にエッチングされて形成された凹部を覆うようにレジストマスク302を形成する。

【0148】次に、図29(f)または(g)に表したように、積層構造をエッチングし、第3の絶縁膜84を堆積する。具体的には、レジストマスク302の外側に露出している積層部分をドライエッチングによりスピバルブ素子の積層構造1からバイアス膜30からまでエッチングして、幅Dおよび幅H-M-Dを一括で規定することができる。

【0149】さらに、第3の絶縁膜84としてAlOxなどの絶縁材料を堆積する。

【0150】この後に、レジストマスク302を除去する。

【0151】さらに、図示は省略するが、スピバルブ素子1の長手方向の寸法Lを規定する。すなわち、レジストマスクを形成し、ドライエッチングによりスピバルブ素子1とバイアス膜30をエッチングする。そして、寸法Lを規定した方向の両側に電極2、2をリフトオフ工程により形成することにより、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドが完成する。

【0152】一方、本発明によるもう一つの形成方法を図30を参照しつつ説明する。

【0153】まず、図30(a)に表したように、絶縁層9の上に、スピバルブ素子の積層構造1を全面に形成し、その上にレジストマスク302を形成する。

【0154】次に、同図(b)に表したように、レジストマスク302の外側に露出したスピバルブ素子の積層構造をエッチングする。

【0155】次に、同図(c)に表したように、第1の絶縁膜80、バイアス膜30、第2の絶縁膜82を形成する。

【0156】次に、同図(d)に表したように、レジストマスク302と共に、その上の第1の絶縁膜80、バイアス膜30、第2の絶縁膜82を除去する。

【0157】次に、同図(e)に表したように、露出したスピバルブ素子の上に第2のレジストマスク304を形成する。

【0158】次に、同図(f)に表したように、第3の絶縁膜84を全面に堆積する。

【0159】この後の工程としては、前述したように、レジストマスク304を除去し、スピバルブ素子1の長手方向の寸法Lを規定するプロセスと電極を形成するプロセスを経て、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドが完成する。

【0160】以上、図28~図30を参照しつつ説明した形成方法を行うことにより、バイアス膜30の周囲が

絶縁体で覆われ、電極2からの電流がバイアス膜30に分流することなくなる。その結果として高出力が得られ、同時に、バイアス膜30からの電流磁界に起因するスピバルブ素子1のエッジ部への悪影響を除去できる。

【0161】さらに、バイアス膜30を設けることにより、スピバルブ素子1の上下エッジ部での磁化の「カーリング」が無くなり、BHNが抑制される。

【0162】本実施形態の方法は、金属系電気伝導性バイアス膜を用いる場合に特に有効である。硬磁性フェライトなどを用いる場合には、上記の工程の絶縁膜形成を省略した工程を省略することもできる。

【0163】(第5の実施の形態)次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。本実施形態は、バイアス点のバランスに着目した構成上の特徴を有する。

【0164】図31は、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおいてスピバルブ素子に作用する各種の磁界の関係を表した概念図である。

【0165】また、図32は、これらの各種磁界が磁気抵抗効果型ヘッドのバイアス点に及ぼす影響を表すグラフ図である。

【0166】まず、図31を参照しつつ説明すると、スピバルブ素子1は、磁化自由層12と、非磁性層13と、磁化固定層14とが積層された構成を有する。そして、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおいては、センス電流Cと、磁化固定層の磁化方向Pと、磁化自由層に作用する信号磁束Sとの関係は、図示した如くである。

【0167】そして、このようなスピバルブ素子1に対しては、磁化自由層と磁化固定層との間の強磁性的な層間相互作用による磁界Hinterと、層間静磁結合による磁界Hstaticと、センス電流による磁界Hcurrentとが作用する。

【0168】図32に表したように、これらの各磁界の関係をみると、Hinterはバイアス点をプラスの磁界側にシフトさせ、Hstaticはバイアス点をマイナス側にシフトさせる効果がある。

【0169】ここで、Hinterは、スピバルブ素子のMR変化率を上げるために非磁性層13を薄くすると、次第に大きくなる。一方で、記録媒体の高密度化により記録ビットサイズが小さくなるに連れて、検出磁界が小さくなるので、スピバルブ素子の感度を向上させるために磁化自由層12を薄くする必要がある。これに伴って、Hinterも大きくなる。

【0170】このような事情のもとで、バイアス点をずらすことなく高出力・高感度を実現するためには、Hstaticを大きくすることにより、HinterとHstaticを平衡させることにより、バイアス点を制御することが必要となる。このためには、磁化固定層14のMs・t(磁化・膜厚)積を大きくすることが必要である。

【0171】また、Hstaticはスピバルブ素子の素子

形状にも関係する。このため、例えば、磁化固定層の磁化方向に対してスピバルブ素子の長さが長くなれば、それに従って磁化固定層14の $Ms \cdot t$ 積も上げなくてはならない。

【0172】一方、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおいては、磁化固定層の磁化方向Pとセンス電流の通電方向Cとが略平行となるために、センス電流磁界  $H_{current}$  が  $H_{inter}$  や  $H_{static}$  に対して略垂直方向に印加される。したがって、センス電流がバイアス点に影響を及ぼさないと同時に、センス電流磁界により磁化自由層の磁区構造を積極的に制御できるという利点も有する。つまり、センス電流による磁界を作用させて磁化自由層の磁区構造を単磁区化させることが可能となる。

【0173】このためには、センス電流を磁化自由層12以外の層に流してその磁界を磁化自由層に作用させることが効果的である。つまり、磁化固定層14の比抵抗を磁化自由層12と比較して相対的に下げることが望ましい。例えば、磁化自由層12に添加物を混入することにより比抵抗を上げること、および、磁化固定層14の膜厚を磁化自由層12よりも厚くすることが有効であ

る。具体的には、磁化固定層14にCoFe合金を用いる場合には、磁化自由層12には、CoFeB合金、CoFeC合金、あるいはCoFeN合金等の材料を用いると効果的である。

【0174】これにより、センス電流を積極的に磁化固定層14に流し、その磁界によって磁化自由層12の磁区制御が可能になる。また、同時に、磁化自由層12への添加物混入により、その $Ms \cdot t$ 積を下げる効果も得られる。

【0175】次に、本発明の磁気抵抗効果型ヘッドに適用することができるスピバルブ素子の具体例を説明する。

【0176】表1は、これらの具体例の構成を表すものであり、それぞれのスピバルブ素子は、構成材料とその膜厚(nm)により表されている。膜構成の概略やその作用については、前述した各実施形態において説明した通りである。

【0177】

【表1】

	膜 構 成
実施例1	Ta5/Ru1/Cu1/CoFe1.5/Cu2/CoFe2/PtMn10/Ta5
実施例2	Ta5/NiFe1/CuFe1/Cu2/CoFe2/PtMn10/Ta5
実施例3	Ta5/Ru1/Cu1/CoFe1.5/Cu2/CoFe3/Ru0.9/CoFe1/IrMn7/Ta5
実施例4	Ta5/NiFe2/CoFe1/Cu2/CoFe2.5/PtMn10/Ta5
実施例5	Ta5/Ru1.5/Cu1/CoO1/Cu1/CoFe2/Cu2/CoFe3/PtMn10/Ta5
実施例6	Ta5/Ru1.5/Cu1/CoO1/Cu1/NiFe2/CoFe1/Cu2/CoFe3/IrMn5/Ta5
実施例7	Ta5/Ru1.5/Cu1/CoFe2/Cu2/CoFe2/CoO1/CoFe1/PtMn10/Ta5
比較例	Ta5/NiFe10/CoFe1/Cu2/CoFe2/PtMn10/Ta5

【0178】これらのスピバルブ素子は、DCスパッタリング、RFスパッタリング法、イオンビームスパッタリング法あるいはダイオード型スパッタリング法などの種々の方法により作製できる。ここで示した具体例は、主にDCマグネトロンスパッタリング法により作製した。成膜中のAr(アルゴン)圧力はすべての素子において0.1~5mTorrの範囲とした。特に、磁化自由層12の膜厚を薄くする場合には、高Ar圧での成膜により膜質が不良となり、磁気抵抗効果が小さくなる可能性があるために、成膜Ar圧は可能な限り低い方がよい。具体的には、3.0mTorr以下とすることが望ましく、1.0mTorr以下とすることがさらに望ましい。

【0179】これらのスピバルブ膜を用いたヨーク型磁気抵抗効果ヘッドをスピスタンドを用いてスピバルブ素子からの出力を測定した結果、本発明における実施例においては、十分な出力を得られた。しかし、本比較例においては、バイアス点が大きくなりすぎてしまったために前記微細素子からの出力は検出されなかった。

【0180】(第6の実施の形態)次に、本発明の第6の実施の形態に係る磁気記録装置について説明する。

【0181】以上説明した各実施形態の磁気抵抗効果型ヘッドは、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドに組み込まれ、磁気記録装置に搭載することができる。

【0182】図33は、このような磁気記録装置の概略構成を示す要部斜視図である。すなわち、本発明の磁気記録装置150は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。同図において、磁気ディスク151は、スピンドル152に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号にตอบสนองする図示しないモータにより回転する。磁気ディスク151が浮上した状態で情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、例えば、前述したいずれの実施の形態にかかる磁気ヘッドを搭載している。

【0183】磁気ディスク151が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面(ABS)は磁気ディスク

151の表面から所定の浮上量をもって保持される。

【0184】サスペンション154は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155の一端に接続されている。アクチュエータアーム155の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ156が設けられている。ボイスコイルモータ156は、アクチュエータアーム155のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。

【0185】アクチュエータアーム155は、固定軸157の上下2箇所設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ156により回転運動が自在にできるようになっている。

【0186】本発明によれば、前述した各実施形態にかかる磁気ヘッドを採用することにより、バイアス点の変動が生ずることなく磁気ヘッドに供給するセンス電流を増加することができる。その結果として、高出力と高感度化が実現し、記録密度を高くすることもできる。さらに、バルクハウゼンノイズも低減して、安定した信号の記録再生が可能となる。

【0187】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、バイアスポイントの設計が容易で、バルクハウゼンノイズが低く、高感度、高出力化が可能な磁気抵抗効果型ヘッド及び磁気記録装置を提供することが可能となり産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る磁気抵抗効果型ヘッドの構成を概念的に表す斜視図であり、記録媒体との関係も表した図である。

【図2】第1実施形態のヘッドを記録媒体との対向面から眺めた概念斜視図である。

【図3】第1実施形態の変形例に係る磁気抵抗効果型ヘッドの構成を概念的に表す斜視図であり、記録媒体との関係も表した図である。

【図4】本発明のヘッドを記録媒体との対向面から眺めた斜視概念図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態にかかる磁気ヘッドの構成を表す概念斜視図である。

【図6】第2実施形態のヨーク型磁気ヘッドに用いることができるスピナバルブ素子の構成を例示した概念図である。

【図7】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図8】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図9】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図10】本発明において用いることのできるスピナ

バルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図11】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図12】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図13】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図14】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図15】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子1の構成の具体例を表す断面概念図である。

【図16】差動増幅動作を説明するためのグラフ図である。

【図17】第2実施形態の第2の磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。

【図18】第2実施形態の第3の磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。

【図19】本発明において用いることのできるスピナバルブ素子の構成を例示した断面概念図である。

【図20】本発明において用いることのできる他のスピナバルブ素子の構成を例示した断面概念図である。

【図21】第2実施形態の第4の磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図である。

【図22】(a)は第2実施形態の第5の具体例に係る磁気抵抗効果型ヘッドを表す斜視概念図であり、(b)は第3実施形態における温度特性の異なる関係を示す概念図である。

【図23】第3実施形態における(a)スピナバルブ素子と磁気ヨーク部材のそれぞれのアニール温度と交換結合磁界とブロッキング温度との関係を、(b)スピナバルブ素子と磁気ヨークとの配置とともに、模式的に表した概念図である。

【図24】本発明による磁気抵抗効果型ヘッドの具体例を表す斜視概念図である。

【図25】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドの別の具体例を表す斜視概念図である。

【図26】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドの別の具体例を表す斜視概念図である。

【図27】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおける磁気ヨークとスピナバルブ素子の形状及びこれらの位置関係を例示した概念図である。

【図28】図27に例示した磁気抵抗効果型ヘッドの要部製造プロセスを表す工程断面図であり、図27(a)に表したA-A線断面を表す。

【図29】図27に例示した磁気抵抗効果型ヘッドの要部製造プロセスを表す工程断面図であり、図27(a)に表したA-A線断面を表す。

【図30】図27に例示した磁気抵抗効果型ヘッドの要部製造プロセスを表す工程断面図であり、図27(a)に表したA-A線断面を表す。

【図3 1】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおいてスピ  
ンバルブ素子に作用する各種の磁界の関係を表した概念  
図である。

【図3 2】各種磁界が磁気抵抗効果型ヘッドのバイアス  
点に及ぼす影響を表すグラフ図である。

【図3 3】本発明の磁気記録再生装置の概略構成を例示  
する要部斜視図である。

【図3 4】従来のシールド型スピバルブ型磁気抵抗効果  
ヘッドの構造を概念的に表す斜視図である。

【図3 5】縦型スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの構  
造を概念的に表す斜視図である。

【符号の説明】

1 スピバルブ素子

2 電極

3 磁気シールド

5 磁気ギャップ

7 磁気ヨーク

9 絶縁膜

11 下地層

12 磁化自由層

13 非磁性層

14 磁化固定層

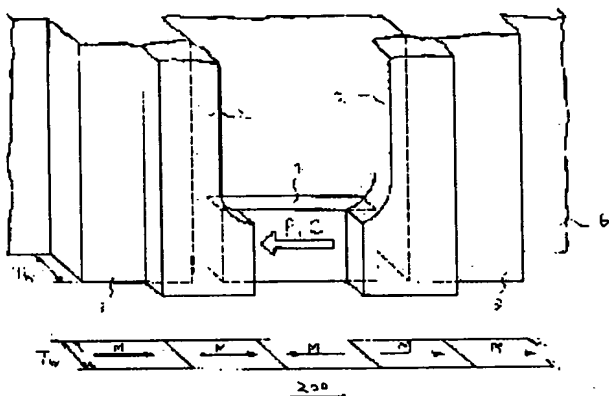
15 反強磁性層

16 保護層

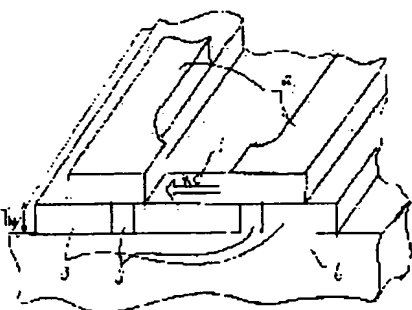
30 バイアス膜

200 記録媒体

【図1】

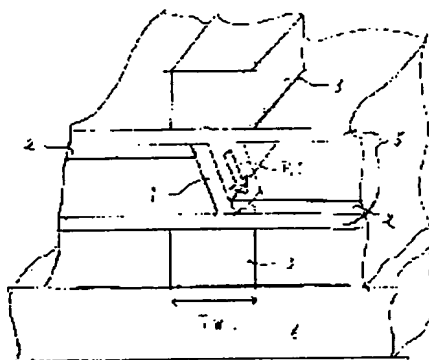


【図2】



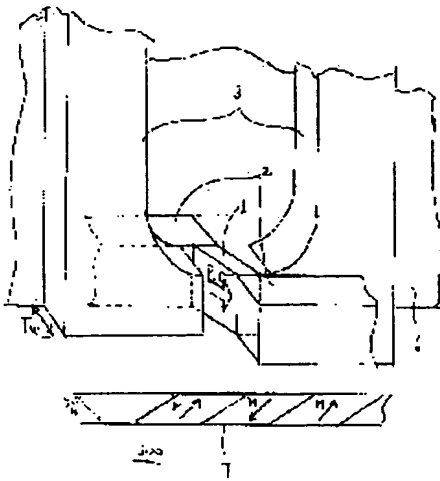
正 磁気抵抗効果

【図4】

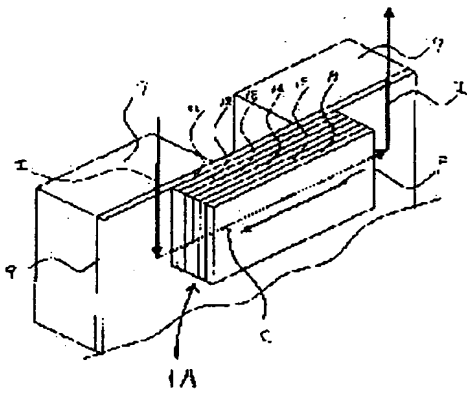




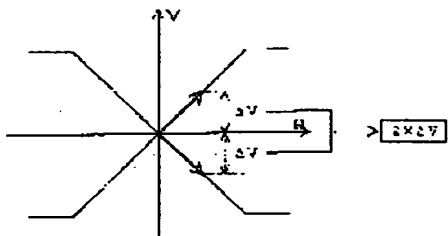
【图3】



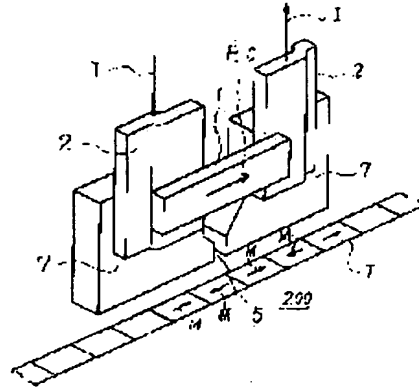
【图6】



【图16】



【图5】

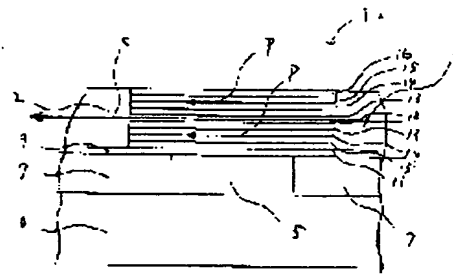


【图7】

1B

供	源	层	16
器	化	自	12
非	磁	性	13
磁	化	固	14
反	磁	性	15
下	地	层	11

【图14】



【図8】

1C →

保	護	層	16
反	強	磁	性
第	1	回	着
ス	ベ	ー	リ
第	2	回	着
非	磁	性	層
磁	化	自	由
下	地	層	11

【図9】

1D →

保	護	層	16			
磁	化	自	由	層	12	
非	磁	性	層	13		
第	2	回	着	層	14B	
ス	ベ	ー	リ	ー	層	17
第	1	回	着	層	14A	
反	強	磁	性	層	15	
下	地	層	11			

【図10】

保	護	層	16
反	強	磁 性	層 15
回	着	層	14
非	磁 性	層	13
磁	化	自 由	層 12
磁	化	層	18
下	地	層	11

【圖 11】

17→

保		護		層	16
反	強	磁	性	層	15
第	2	磁	化	層	18.3
固		體		層	14
非	磁	性		層	13
導	化	內	出	層	12
第	1	磁	化	層	18A
下		地		層	11

【圖 12】

19→

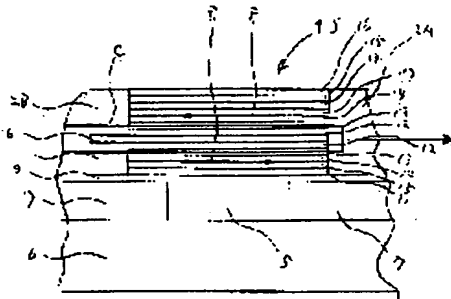
保	護	層	16		
酸	化	層	18		
磁	化	自	由	層	12
非	磁	性	層	13	
固	著	層	14		
反	強	磁	性	層	15
	地	層	11		

【圖 13】

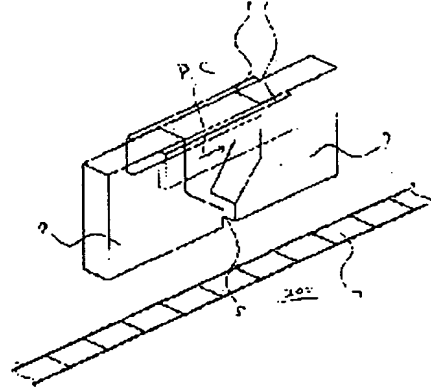
14→

保	護	層	16
第 1	磁 化	層	18A
導 化	內 出	層	12
非 磁	性	層	13
固 體	層	14	
第 2	磁 化	層	18B
反 強	磁 性	層	15
下 地	層	11	

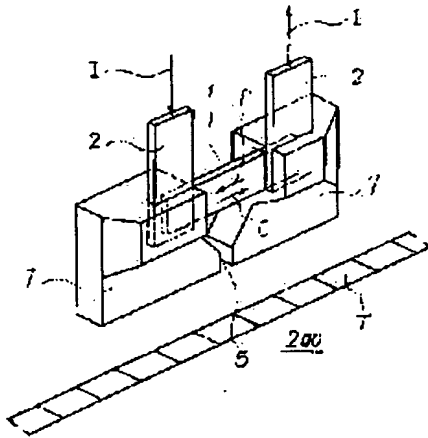
【図15】



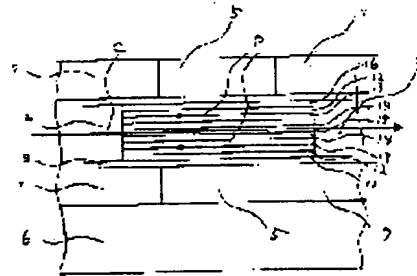
【図17】



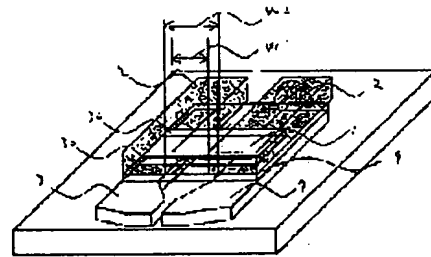
【図18】



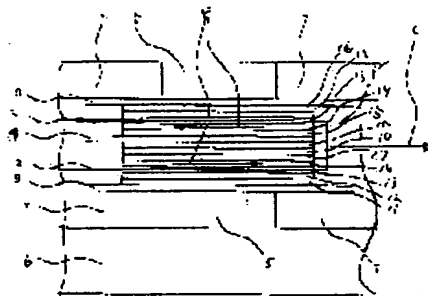
【図19】



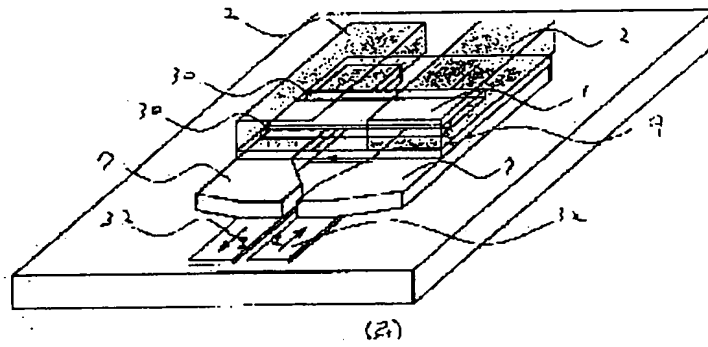
【図21】



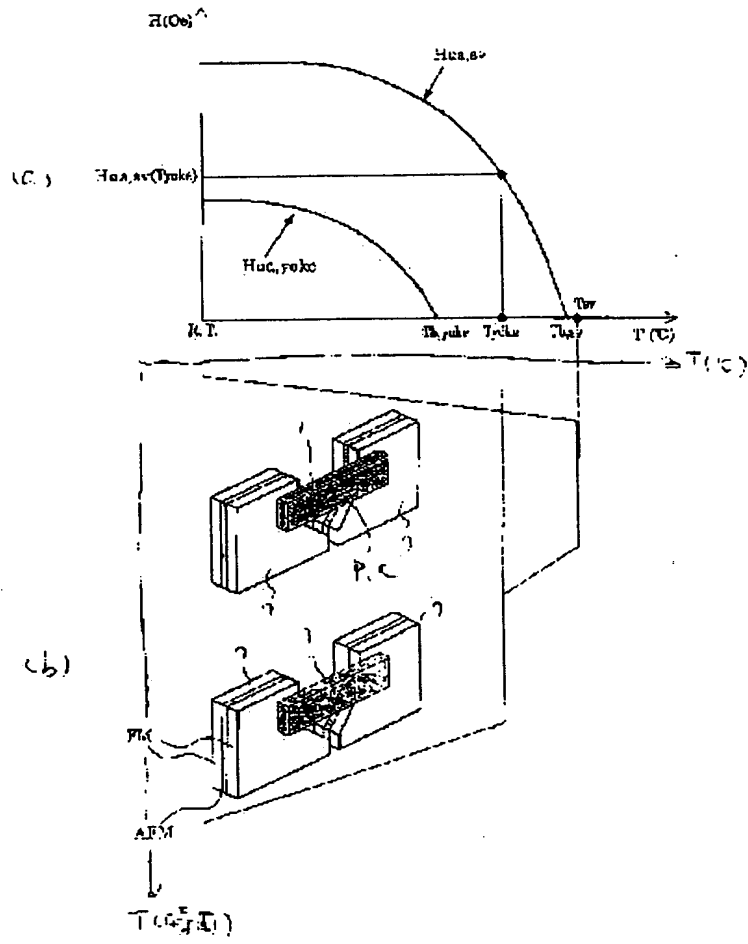
【図20】



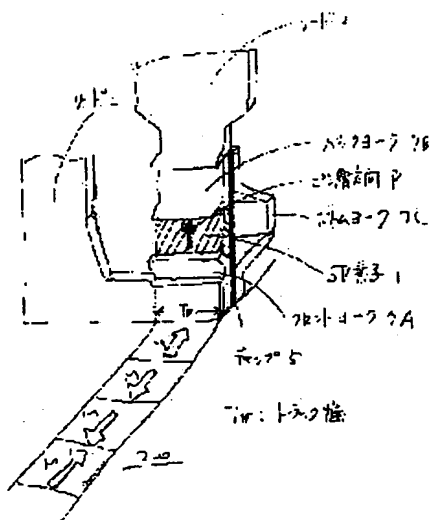
【圖 22】



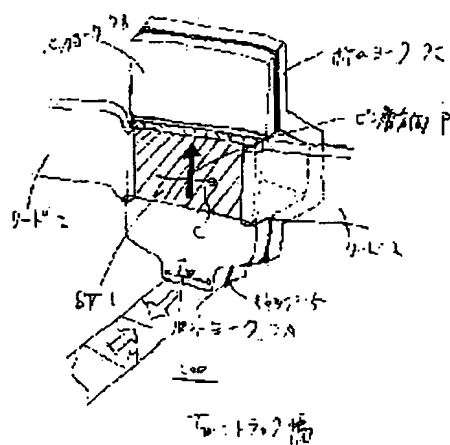
【図 23】



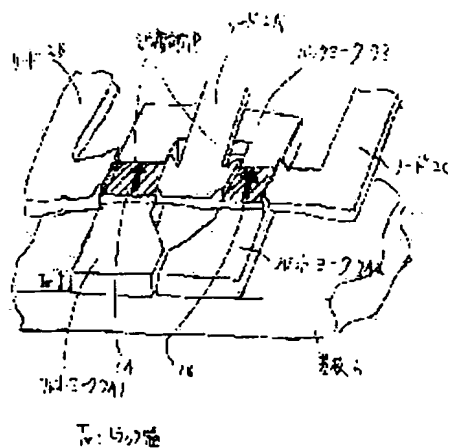
【図24】



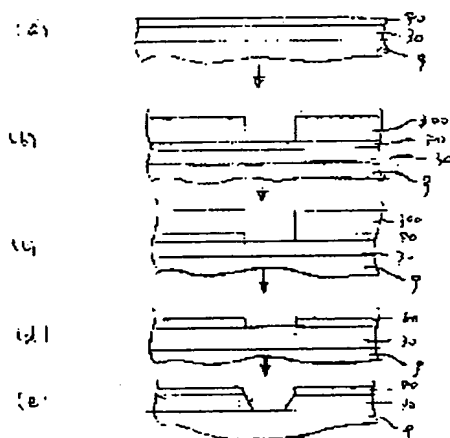
【図25】



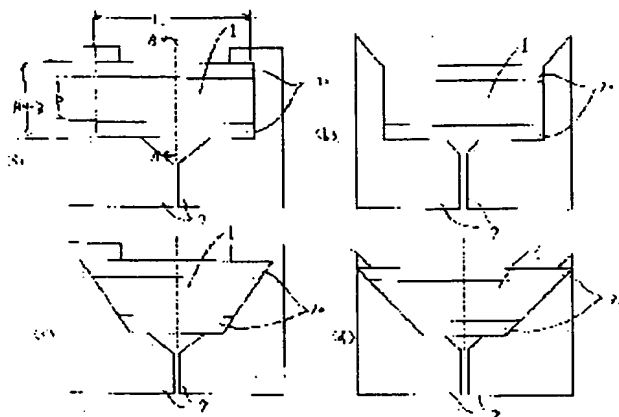
【図26】



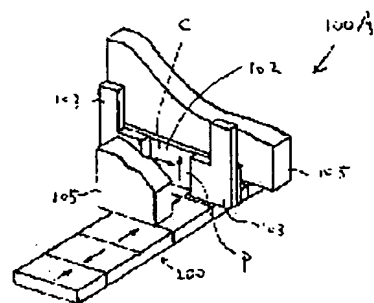
【図28】



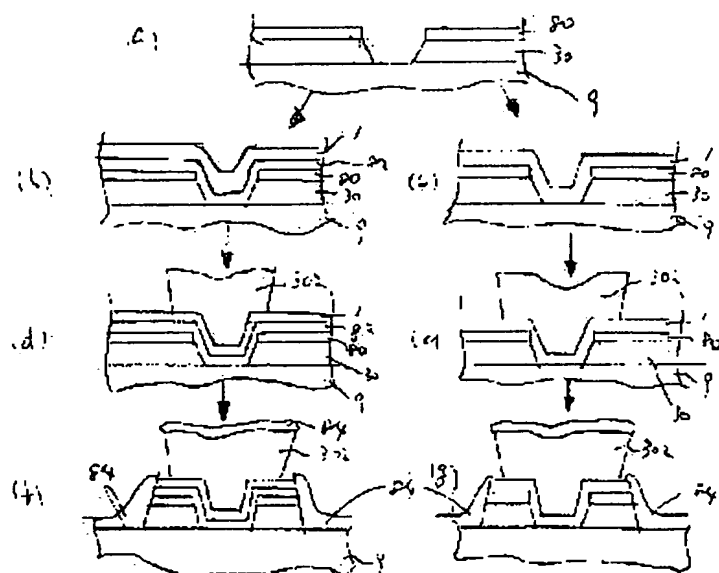
【例 27】



【图 3 4】

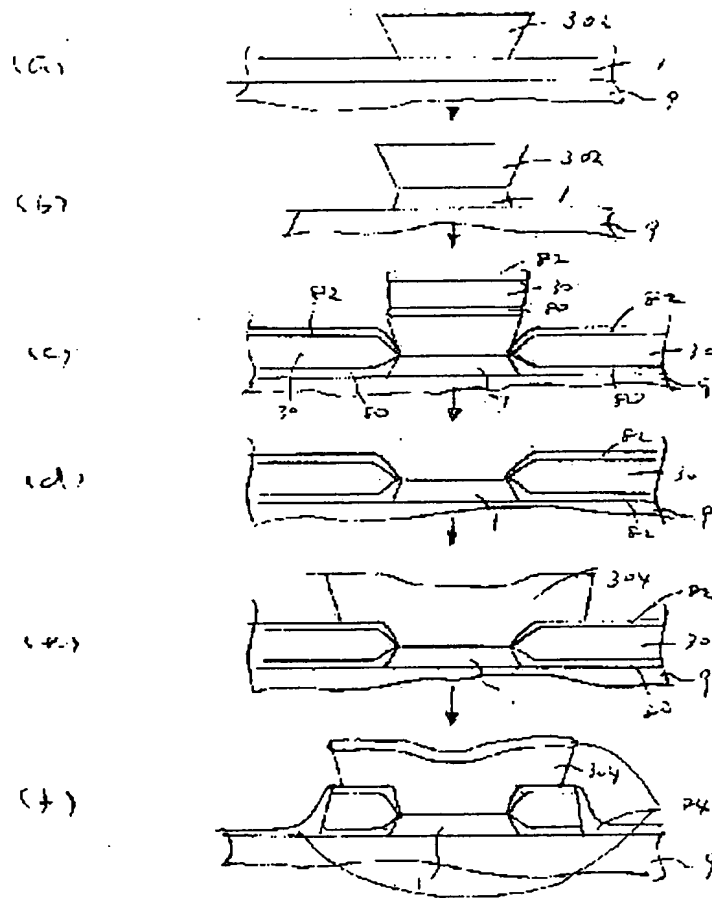


【圖 29】

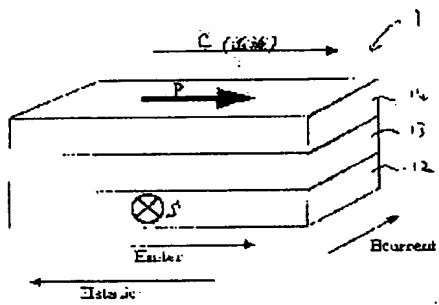




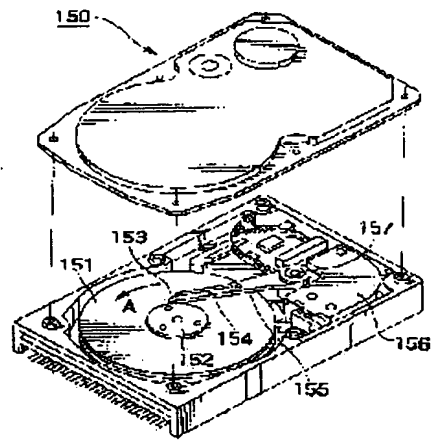
[圖 30]



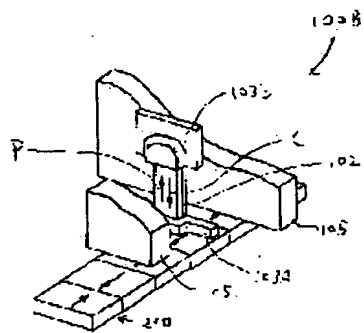
【図31】

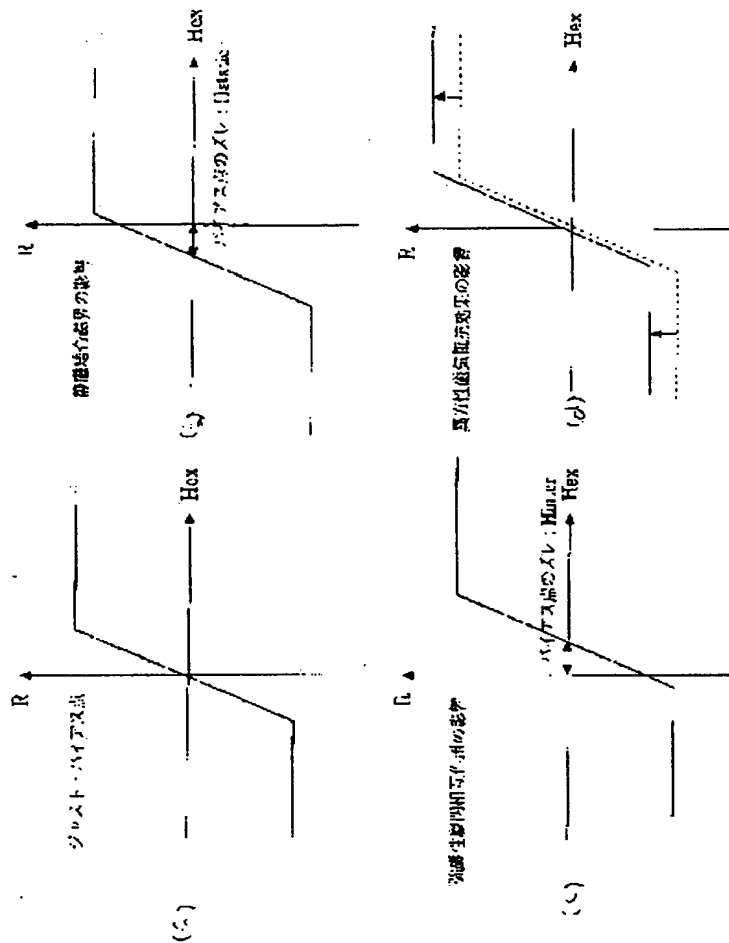


【図33】



【図35】





【図 32】

【手続補正書】

【提出日】平成11年6月10日（1999. 6. 10）

【手続補正1】

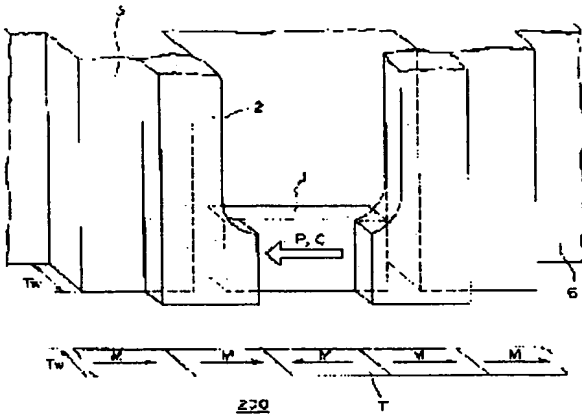
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

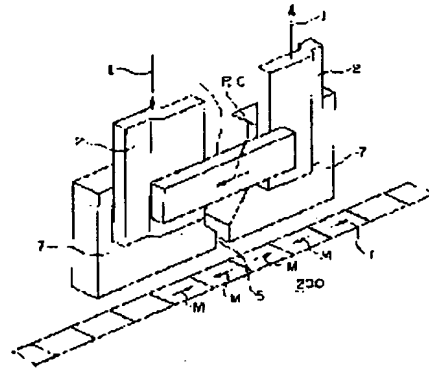
【補正方法】変更

【補正内容】

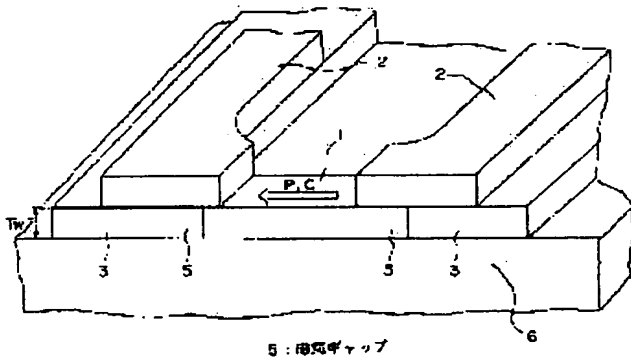
【図1】



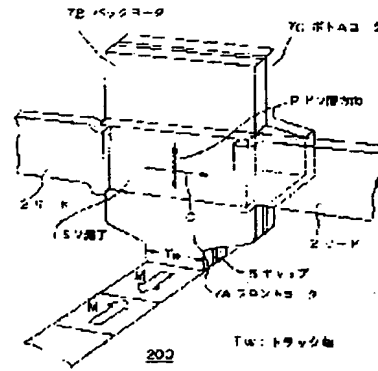
【図5】



【図2】



【図25】



【図7】

18

導	電	路	18
誘	電	導	12
誘	電	導	13
誘	電	導	14
誘	電	導	15
誘	電	導	11

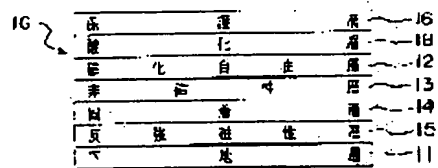
【図8】

1C

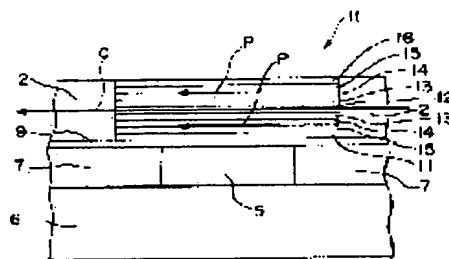
導	電	路	16
誘	電	導	15
誘	電	導	14B
誘	電	導	17
誘	電	導	14A
誘	電	導	13
誘	電	導	12
誘	電	導	11



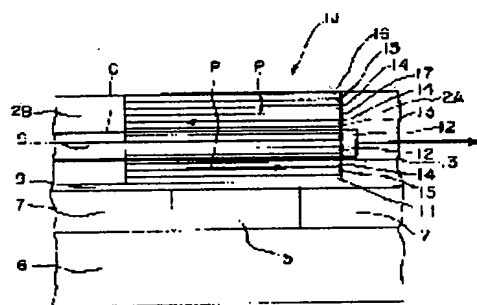
【図 12】



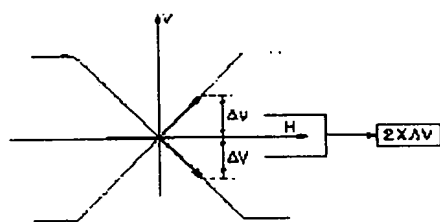
【図 14】



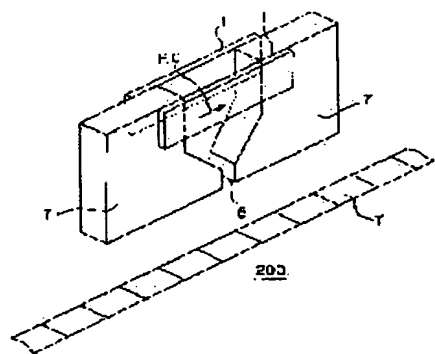
【図 15】



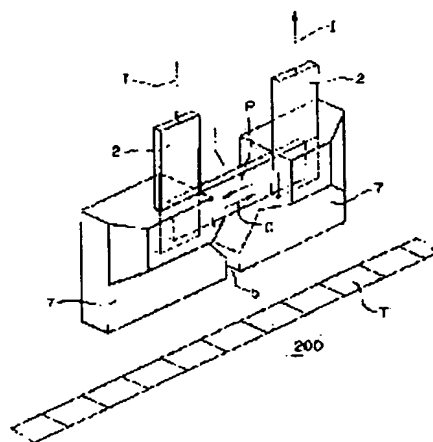
【図 16】



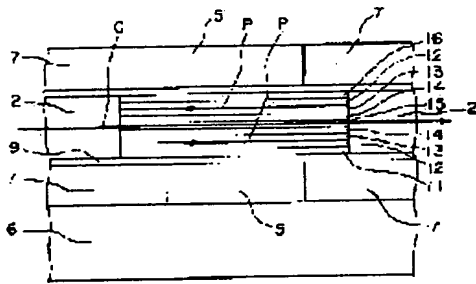
【図 17】



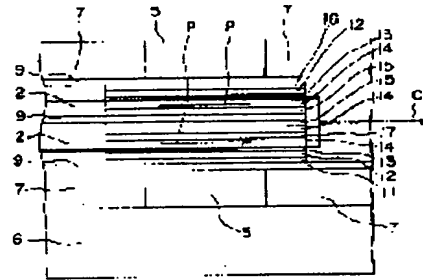
【図 18】



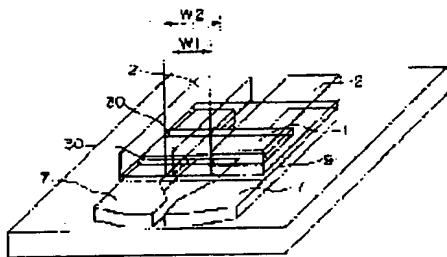
【図19】



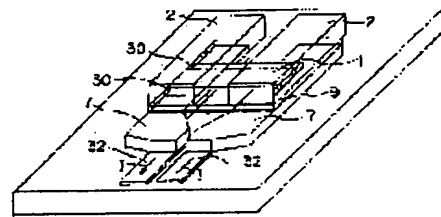
【図20】



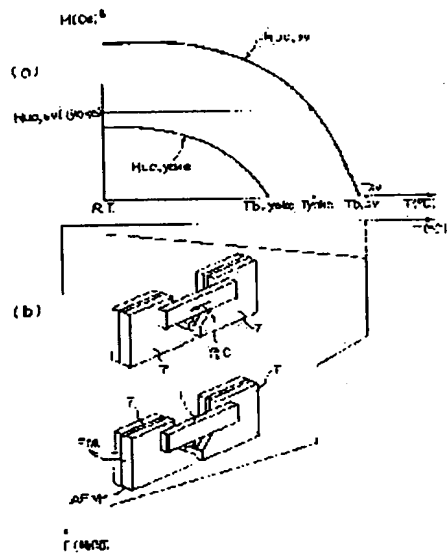
【図21】



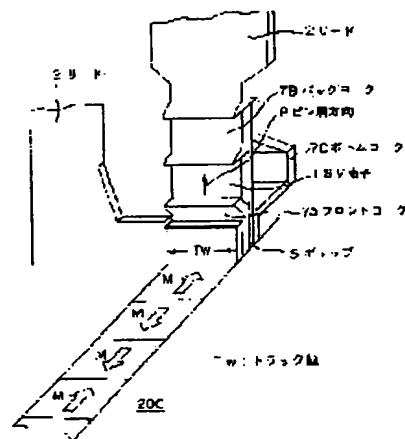
【図22】



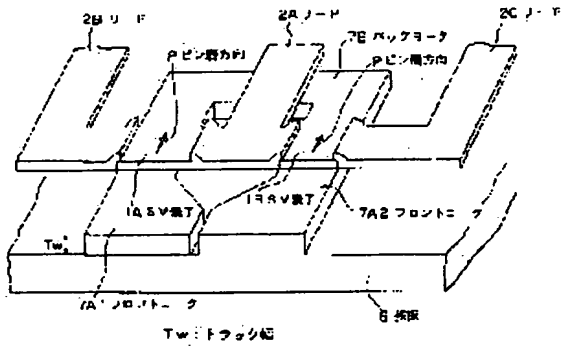
【図23】



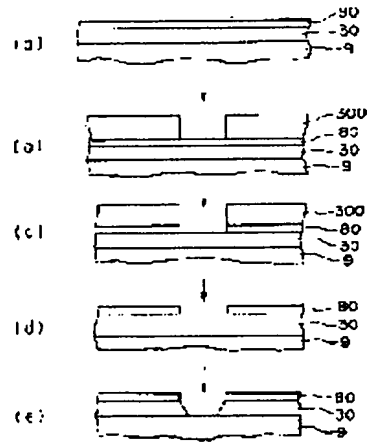
【図24】



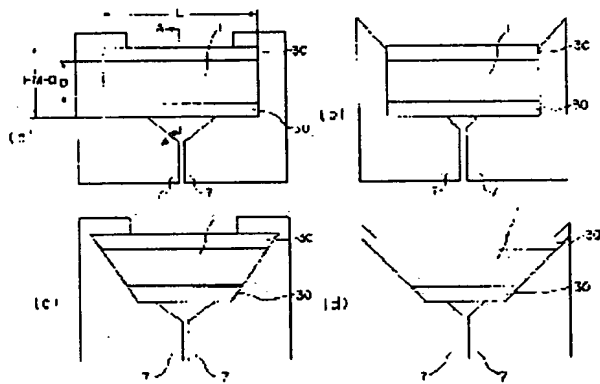
【図26】



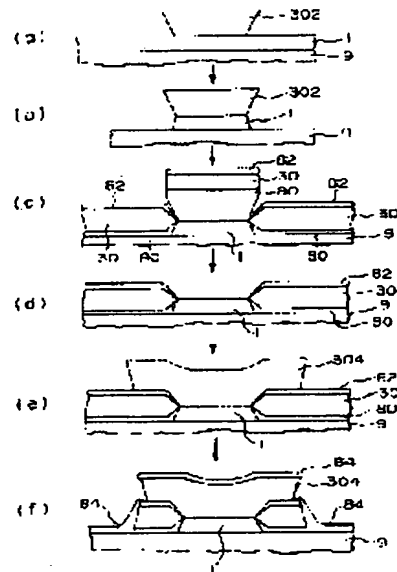
【図28】



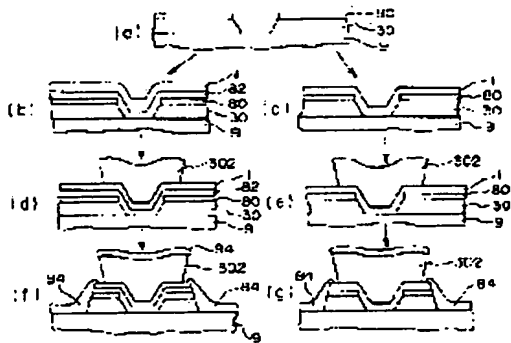
【図27】



【図30】

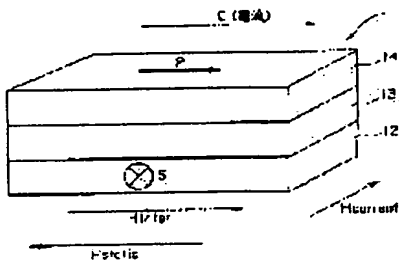


【図29】

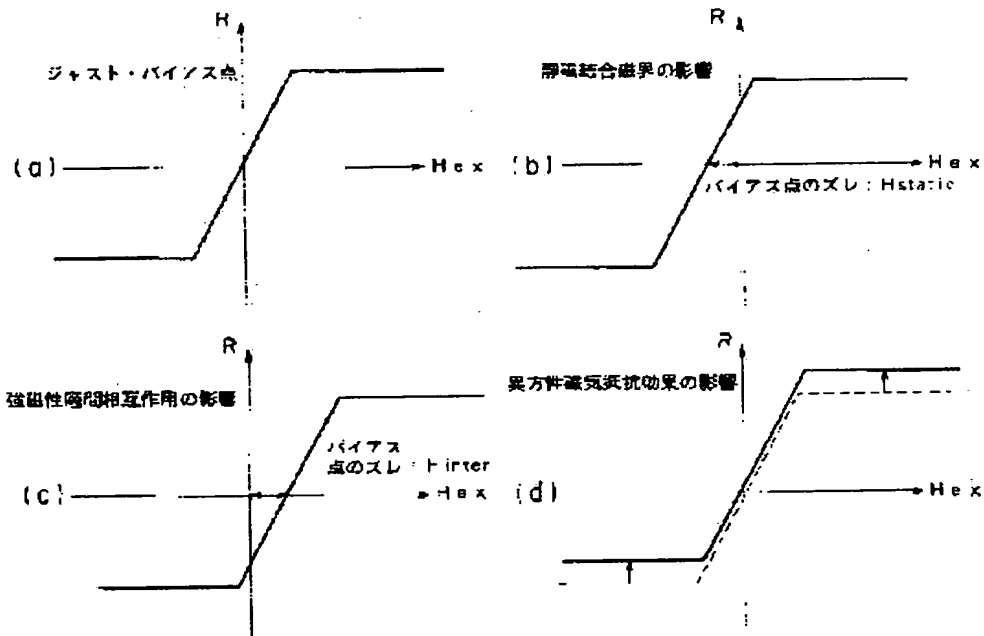




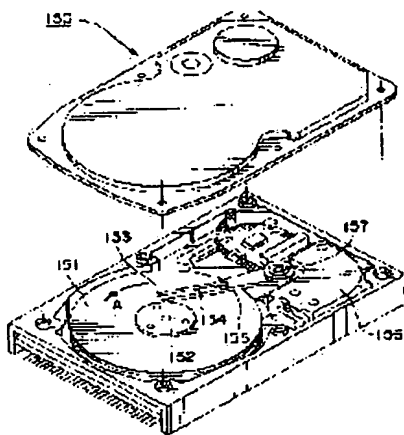
【図31】



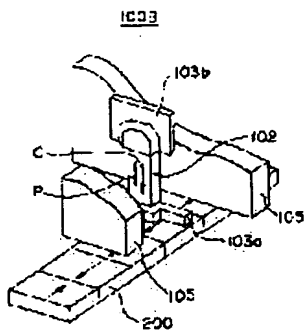
【図32】



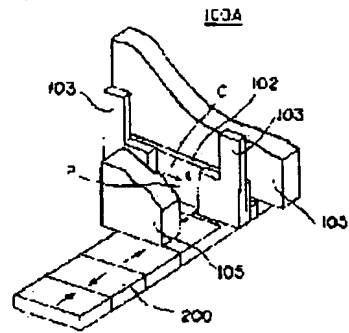
【図33】



【図35】



【図34】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 昭 男  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会  
社東芝川崎事業所内  
(72)発明者 船 山 知 己  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会  
社東芝川崎事業所内

(72)発明者 大 沢 裕 一  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会  
社東芝川崎事業所内  
(72)発明者 上 口 裕 三  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会  
社東芝川崎事業所内  
(72)発明者 小 泉 隆  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会  
社東芝川崎事業所内  
Fターム(参考) 5D034 BA05 BA09 BA18 CA04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**